PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 7 — 1. April 1928 — Redaktionsschluß für Nr. 9 am 5. Mai 1928. — 29. Jahrgang

INHALT:

G. C. Schmidt, Eilhard Wiedemann. Geb. 1. August 1852 — gest. 7. Januar 1928. S. 185.

Originalmitteilungen:

H. Freese, Über die Magnetisierbarkeit dünner Manganschichten. S. 191.

M. Blitz u. H. Ziegert, Die Radioaktivität der Isotope des Kaliums. S. 197.

B. M. Eidelson, Die Elektronentheorie der Oberflächenenergie an der Grenze zweier amorphen Medien. S. 200.

J. W. Williams, Das elektrische Moment des Wassermoleküls. S. 204.

Besprechungen:

Handbuch der Experimentalphysik. Band XIV. S. 205.

C. Runge u. H. König, Vorlesungen über numerisches Rechnen. S. 206.

C. Eberhardt, Einführung in die theoretische Aerodynamik. S. 206.

C. Störmer, Aus den Tiefen des Weltenraumes bis ins Innere der Atome. S. 207.

C. L. Charlier, Die Mechanik des Himmels. S. 207.

K. T. Compton u. F. L. Mohler, Ionisierungs- und Anregungsspannungen. S. 207.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. S. 207.

E. Friederich, Über die Härte anorganischer Verbindungen und die der Elemente. S. 208.

H. F. Biggs, Wave mechanics, an introductory sketch. S. 209.

P. Gruner u. H. Kleinert, Die Dämmerungserscheinungen. S. 209.

L. Hartmann, Sind Naturgesetze veränderlich? S. 210.

E. T. Whittaker, Einführung in die Theorie der optischen Instrumente. S. 210.

W. Schwinning u. K. Matthaes, Die Bedeutung der Kerbschlagprobe. S. 210.

R. Briske, Die Erdbebensicherheit von Bauwerken. S. 210.

P. Luckey, Nomographie, praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln. S. 211.

A. Speiser, Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung. S. 211.

H. Guthmann, Physikalische Grundlagen der Lichttherapie. S. 211.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1928. S. 211.

Personalien. S. 216.

Gesuche. S. 216.

Eilhard Wiedemann.

Geb. 1. August 1852 — gest. 7. Januar 1928.

Von Gerhard C. Schmidt.

Eilhard Wiedemann wurde am 1. Aug. 1852 zu Berlin geboren als Sohn des damaligen Privatdozenten der Physik Gustav Wiedemann und seiner Frau Clara geb. Mitscherlich, Tochter des Berliner Chemikers. Es waren ihm daher die Naturwissenschaften von Jugend an sowohl durch das väterliche als auch durch das mütterliche Haus nahegelegt. Er besuchte die Gymnasien in Basel, Braunschweig und Karlsruhe, in welchen Orten der Vater die Professur für Physik bekleidete. In letzterer Stadt schloß er 1870 seine Schulbildung durch ein glänzendes Abiturientenexamen ab. Er studierte darauf in Heidelberg unter Helmholtz, Bunsen, Königsberger und besonders Kirchhoff. Der Kirchhoffschen Vorlesungen und Unterweisung im Laboratorium gedachte er noch im Alter mit tiefstem Dank. Das Studium wurde abgeschlossen in Leipzig, wohin sein Vater inzwischen übergesiedelt war; hier promovierte er mit einer bereits in Heidelberg begonnenen Arbeit: Über die elliptische Polarisation des Lichtes und ihre Beziehungen zu den Oberflächenfarben der Körper. Seinen Wunsch, das Studium auf einer anderen Universität fortzusetzen, um womöglich sich dort zu habilitieren, glaubten die Eltern in Rücksicht auf seine schwächliche Gesundheit — er litt an der Lunge — versagen zu müssen. Schweren Herzens mußte er sich fügen. Um sich aber von dem wissenschaftlichen Einfluß des Vaters möglichst frei zu machen, erschloß er sich Arbeitsgebiete, die denen des Vaters ganz ferne lagen. Seine erste große selbständige Arbeit gehört der Wärmelehre an; es ist dies seine bekannte Untersuchung über die spezifische Wärme der Gase. Es lagen damals

schon die klassischen Untersuchungen von Regnault vor, die mit so außergewöhnlichen Hilfsmitteln und in so beträchtlichen Dimensionen ausgeführt waren, daß eine Wiederholung und Erweiterung derselben mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln der Laboratorien unmöglich erschienen. Da zeigte der junge, 24jährige Forscher, daß sich der Maßstab der Versuche durch zweckmäßige Abänderungen beträchtlich einschränken ließ, ohne daß ihre Genauigkeit eine wesentliche Einbuße erfuhr. Die wichtigste Veränderung, welche Wiedemann einführte, war die Ausfüllung derjenigen Teile der Gasleitung, in welchen die Aufnahme und Abgabe der Wärme stattfand, durch metallene Drehspäne. Hierdurch wurde die Berührungsfläche zwischen Gas und Metall außerordentlich stark vergrößert, so daß der Wärmeausgleich zwischen beiden sehr schnell erfolgte, während andererseits das gutleitende Füllmaterial den Austausch der Wärme zwischen der Gasleitung und der umgebenden Flüssigkeit im Kalorimeter in vollkommenster Weise vermittelte. Die Genauigkeit der erhaltenen Resultate war mindestens der von Regnault erzielten gleich. In seiner zweiten Arbeit über die spezifische Wärme der Dämpfe konnte Wiedemann dadurch, daß er die gesuchten Werte als direkte Versuchsergebnisse erzielte, während Regnault sie nur auf indirektem Wege berechnete, den französischen Forscher durch die Eleganz der Methode und die Genauigkeit der Resultate weit übertreffen. Durch diese Arbeiten erwies sich Wiedemann als ein Experimentator ersten Ranges. Es folgen darauf optische, und zwar spektralanalytische Untersuchungen. Hier bildet er sich zunächst eine Arbeitshypothese, die ausgehend von der kinetischen Gastheorie die Linien den oszillatorischen Bewegungen der Atome und die Banden den Schwingungen der Atome im Molekül zuschreibt. Aus dieser Theorie folgt, daß Temperaturänderungen von maßgebendem Einfluß auf die Spektra sein müssen. Um dies zu prüfen, maß er auf kalorimetrischem Wege die Wärmeentwicklung, welche beim Durchgang der Elektrizität durch verdünnte leuchtende Gase unter verschiedenen Bedingungen auftritt, und kam zu dem überraschenden Resultat, daß ein Gas bereits weit unter 100° zu leuchten vermag, ein Ergebnis, das ungefähr gleichzeitig von Hittorf gefunden wurde. Hierdurch wurde bewiesen, daß die damals allgemein herrschende Vorstellung, welche die Emission des Lichts der elektrisch angeregten Gase auf eine bis zum Glühen gesteigerte Temperaturerhöhung zurückführte, nicht haltbar sei. Daß tatsächlich die Verhältnisse bei der Emission verwickelter waren, als Wiedemann anfangs annahm, ging aus seiner Untersuchung über den Durchgang der Elektrizität durch gemischte Gase hervor, z. B. Hg und Xn in N_2 bzw. H_2. Stets zeigte es sich, daß die Metalldämpfe die Stickstoff- bzw. Wasserstoffbanden vernichteten und allein leuchteten. Daneben veröffentlichte er noch eine Reihe von Arbeiten aus den verschiedensten Gebieten, z. B. eine Methode zur Bestimmung des Brechungsvermögens, über die Leitfähigkeit der Haloidsalze des Bleies usw.

Auf Grund dieser Arbeiten erhielt er bereits 1878 den Titel eines a. o. Professors.

In der Folge erschienen zahlreiche Arbeiten über Entladungserscheinungen, in denen er besonders das Wesen der Kathodenstrahlen zu ergründen versuchte. Eine Fülle von experimentellem Material enthalten die Abhandlungen auf diesem Gebiet; die Ergebnisse durch einen leitenden Gesichtspunkt zusammenzufassen, gelang ihm aber nicht, er sah in den Kathodenstrahlen, wie wohl alle deutschen Physiker damals Lichtstrahlen, und zwar von kleinster Wellenlänge.

Ostern 1886, also nach 10jähriger Privatdozentenzeit folgte er einem Ruf als o. Professor der Physik nach Darmstadt und übersiedelte schon im Herbst desgleichen Jahres nach Erlangen. Diese erste Erlanger Zeit ist wohl die glücklichste seines Lebens gewesen. Zum ersten Male selbständig konnte er den Unterricht und den Laboratoriumsbetrieb nach seinen Plänen einrichten. Dazu kam das Glück seiner jungen Ehe mit einer Frau, die ihn auf das beste ergänzte und durch ihr sonniges Gemüt ihn, den sorgenvollen, zur

Melancholie Neigenden aufheiterte. Trotz der großen Arbeit, die ihm die Einrichtung des Kollegs und der Praktika bereitete, wobei ihm sein aus Leipzig mitgebrachter Assistent Ebert auf das tatkräftigste unterstützte, fand er Zeit, weiter experimentell zu arbeiten. 1887 wies er nach, daß sich die Fluoreszenz in Phosphoreszenz überführen ließ durch Einbetten der Farbstoffe in Gelatine und Eiweiß und im Jahre darauf entwickelte er eine Terminologie für die Leuchtphänomene bei niederer Temperatur, die er als Lumineszenz mit ihren Unterarten bezeichnete, eine Terminologie, welche sich international eingebürgert hat. Darauf folgen eine Reihe von Arbeiten gemeinsam mit Ebert über den Durchgang der Elektrizität durch verdünnte Gase. Sie wiesen hierbei nach, daß der Hertz-Effekt, Herabsetzung des Funkenpotentials durch das Licht, besonders durch ultraviolette Strahlen hervorgerufen wird und sich ausschließlich auf die Bestrahlung der Kathode beschränkt. Wiedemann deutet die Erscheinung richtig, daß Kathodenstrahlen hierbei ausgelöst werden. In weiteren Arbeiten weisen sie nach, daß leuchtende Gase Schirmwirkung ausüben und als erste haben sie die Erscheinungen, welche in verdünnten Räumen unter Erregung wohldefinierter elektrischer Schwingungen auftreten, studiert. Es folgt darauf eine Reihe von Arbeiten gemeinsam mit dem Verfasser dieses Nachrufs, von denen ich nur einige erwähne: Lumineszenz von festen Lösungen, Fluoreszenz von organischen Dämpfen, Fluoreszenz von Natrium und Kalium.

Es herrschte damals in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in dem kleinen Erlanger Institut ein außergewöhnlich reges wissenschaftliches Leben und den Mittelpunkt bildete Wiedemann. Es ist kein Zufall, daß damals aus dem Institut neben seinen eigenen Untersuchungen Arbeiten von dauerndem Wert hervorgegangen sind; ich erwähne nur den tönenden Flammenbogen von H. Th. Simon, den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt, die Oxydkathodenstrahlen von demselben, das Hehlsche Gesetz. Eine unverhältnismäßig große Anzahl späterer Gelehrter ist aus dem Erlanger Institut hervorgegangen, genannt seien die späteren Professoren der Physik: H. Ebert, H. Th. Simon, A. Wehnelt, R. Reiger, W. Matthies, H. Geiger, J. Würschmidt, J. Frank. Ich glaube, es ist keiner unter den noch lebenden Schülern, der dieser Zeit nicht mit einem Hochgefühl und mit innigem Dank an Wiedemann gedenkt.

Als Lehrer war Wiedemann hervorragend. Ich habe noch als Assistent seine Vorlesung über Experimentalphysik besucht. Es war ein ästhetischer Genuß mit anzuhören, wie er die Sätze bildete und die Perioden formte. Nie fehlte ihm ein Wort. Und dabei war der Vortrag von einer mustergültigen Klarheit und Einfachheit; Theorien, die nicht vollständig gesichert waren, überging er. Das Kolleg mußte seine Ergänzung finden durch das Praktikum. Er erkannte gleich zu Beginn seiner Erlanger Tätigkeit, daß die Zahl der Physik- und Mathematikstudierenden in Erlangen wegen der Examensverhältnisse in Bayern — das Staatsexamen wurde nur in München abgehalten — nie groß sein würde;

sein Praktikum konnte somit nicht auf diese zugeschnitten sein. Er wendete sich daher hauptsächlich an die, welche Physik als Nebenfach trieben, also Chemiker, Mediziner usw. Von diesem Gesichtspunkt aus hat er sein Praktikumsbuch geschrieben. Das Erlanger Anfängerpraktikum war damals eine Neuerung, heute ist es Gemeingut geworden.

Noch in anderer Beziehung hat sich Wiedemann große Verdienste um die Physik erworben. Er ist der Gründer der Beiblätter. In den älteren Jahrgängen der Annalen hatte Poggendorff durch Übersetzungen die wichtigsten ausländischen Arbeiten den deutschen Physikern zugänglich gemacht, allein die Arbeiten von Regnault füllen gegen 700 Seiten der Annalen. Aber als die Produktion in Deutschland immer mehr zunahm, konnten die fremdsprachigen Abhandlungen kaum noch berücksichtigt werden. Diese Lücke empfand Wiedemann und im Verein mit seinem Vater wandte er sich an Poggendorff behufs Gründung einer Zeitschrift, welche den wichtigsten Inhalt aller ausländischen Arbeiten geben sollte. Poggendorff stimmte diesem Plane zu, erklärte aber, daß er in Anbetracht seines hohen Alters seinen Namen nur dazu hergeben würde, wenn ihm die ganze Arbeit abgenommen würde. Die redaktionelle Tätigkeit übernahm E. Wiedemann, und es ist bezeichnend für seinen scharfen Blick, daß er gleich in dem ersten Heft ein ausführliches Referat gab über eine damals kaum bekannte holländische Arbeit: Über den Übergangszustand zwischen Gas und Flüssigkeit von van der Waals. Durch eine deutsche Übersetzung sorgte er dann dafür, daß sie einem weiteren Kreis zugänglich wurde. 24 Jahre hat er die Redaktion besorgt, 19 Jahre ohne Hilfe, die letzten 5 Jahre habe ich ihm einen Teil der Arbeit abgenommen. Ich kann aus Erfahrung sprechen, wenn ich von der Mühsal dieser, nur selten Dank eintragenden Tätigkeit rede. Jeden Sonnabend bis tief in die Nacht wurden die einzelnen Arbeiten registriert und verteilt, die säumigen Referenten gemahnt, denn es war sein Ehrgeiz, womöglich jede Arbeit 8 Wochen nach ihrem Erscheinen in den Beiblättern zu haben. Zum Redakteur war Wiedemann hervorragend geeignet durch seine Gewissenhaftigkeit, durch seinen nie ermüdenden Fleiß und durch seine außergewöhnlichen Sprachkenntnisse. Er konnte alle für die Beiblätter in Betracht kommenden Sprachen lesen mit Ausnahme von Russisch. Die wichtigsten Kultursprachen sprach er fließend. Ich habe niemanden kennengelernt, dem das Erlernen einer fremden Sprache und das Sprechen in derselben so leicht wurde wie ihm. Als auf einem italienischen Kongreß der Wunsch laut wurde, der italienischen Regierung für ihre Gastfreundschaft und den italienischen Physikern für ihre Organisation zu danken, und sich ein Physiker nach dem anderen wegen Unkenntnis der Sprache weigerte, sprang Wiedemann in die Bresche und hielt aus dem Stegreif in fließendem Italienisch seine Rede. Ich habe oft bewundert, wie er, wenn z. B. englische oder amerikanische Physiker ihn besuchten, sich stundenlang mit ihnen scheinbar mühelos in der fremden Sprache unterhielt. Als Baron Eötvös ihn einmal begrüßte, antwortete er ihm scherzend magyarisch — auf einer Ferienreise in den Karpathen hatte er ungarische Zeitungen in die Hand genommen und bald war er soweit, daß er sich mit den Einheimischen verständigen konnte. Er wurde häufig von der Regierung als Kommissar zur Abhaltung von Abiturientenexamen in die verschiedensten Städte Bayerns geschickt. Er setzte dann die Lehrer und auch die Schüler in Erstaunen, wenn er in zweifelhaften Fällen den Prüfling selbst examinierte. Dabei beschränkte er sich nicht nur auf Mathematik und Naturwissenschaften; die römischen und griechischen Schriftsteller waren ihm völlig vertraut. Ich habe von mehreren Direktoren den Ausspruch gehört: Der einzigste in Bayern, der in allen Fächern des Abiturientenexamens gleich gut zu Hause ist, ist Wiedemann. Seine Vielseitigkeit war staunenswert. Durch seine eigenen Arbeiten blieb er dauernd in Verbindung mit Philologie und Geschichte, mit größtem Interesse verfolgte er aber auch andere Wis-

sensgebiete, z. B. die Entwicklungslehre und italienische Kunstgeschichte. Nur Musik war ihm ein unangenehmes Geräusch und für persönliche Angelegenheiten, die in der kleinen Universitätsstadt eine große Rolle spielten, hatte er gar kein Interesse.

Die Leichtigkeit beim Erlernen von fremden Sprachen und seine Freude an denselben sind wohl der tiefere Anlaß zu seinen arabischen Studien gewesen. Bei einer physikalischen Arbeit mußte er längere Zeit zwischen den einzelnen Beobachtungen warten; untätig sein war ihm aber nicht möglich, andrerseits verbot sich aber, eine zweite Arbeit daneben auszuführen. Da spielte ihm der Zufall eine arabische Grammatik in die Hand, deren Lektüre ihn fesselte, aber nicht so stark in Anspruch nahm, daß seine Aufmerksamkeit von den Beobachtungen abgezogen wurde. Bald erkannte er, daß in den arabischen Manuskripten ein ungehobener naturwissenschaftlich-geschichtlicher Schatz läge und es erfolgen seine zahlreichen, in den verschiedensten Zeitschriften veröffentlichten Beiträge zur Kenntnis der Naturwissenschaften bei den Arabern. In mehreren größeren Abhandlungen hat er die Verdienste der Araber um Mathematik und Naturwissenschaften geschildert. Seine geschichtlichen Studien beschränken sich aber nicht nur auf diese Epoche. Schon um die selbständigen Leistungen der Araber würdigen zu können, mußte er sich eingehend mit den hierhingehörigen Arbeiten der Griechen und Römer beschäftigen. Mit der Geschichte der Naturwissenschaften in der Neuzeit war er völlig vertraut; er hat selbst Beiträge zum Galilei-Problem geliefert.

Wärmstes Interesse brachte Wiedemann allen Unterrichtsfragen entgegen und in einer Reihe von Aufsätzen ist er energisch für eine Umgestaltung des Physikunterrichts eingetreten, dieser dürfe nicht als Appendix zur Mathematik behandelt werden, wie es früher in Bayern der Fall war, sondern müsse ein allgemeiner Bildungsgegenstand werden. Seine zahlreichen Reisen im Ausland benutzte er, um nebenbei den Unterricht der Physik in fremden Landen zu studieren.

Wenn man alle diese Leistungen überblickt, so wird man sie, selbst wenn man sie sehr bescheiden einschätzt, als nicht unbedeutend bezeichnen müssen. Die Anerkennung dafür blieb aus. Trotz der vielen Verschiebungen ist er nie ernstlich für eine Professur an einer größeren Universität in Frage gekommen. Er überwand stets nach kurzer Zeit die Enttäuschung hierüber und stürzte sich mit frischem Eifer ins Experimentieren. Daß er es manchmal empfand, daß alle seine Schüler an die verschiedensten Hochschulen berufen wurden, während er an einer der kleinsten bleiben mußte, ist menschlich, aber es überwog stets alsbald die Freude und freundschaftlich blieb er mit ihnen in Verbindung. Den Hauptgrund für diese Nichtanerkennung hat er klar erkannt, drei Generationen in einem und demselben Fach in exponierter Stellung — und in einer solchen befand sich Wiedemann infolge seiner redaktionellen Tätigkeit — sei nicht tragbar. Schweren Herzens hat er deswegen seine vier Söhne praktischen Berufen zugeführt. Mit besonderer Freude erfüllte es ihn aber, daß sie sich daneben wissenschaftlich betätigten und daß der eine direkt aus der Oberförsterei in die akademische Laufbahn als Professor nach Tharandt und darauf nach Eberswalde berufen wurde.

1898 erkrankte der Vater kurz nachdem er von seinem Lehramt zurückgetreten war. Während der Krankheit führte Eilhard die Redaktion der Annalen; es war sein Wunsch, sie später ganz zu übernehmen und mir die Beiblätter zu übertragen. Ich halte es nicht für angebracht, Vergangenes auszugraben und zu schildern, wie die Redaktion nach dem Tode des Vaters in andere Hände überging. Durch die vorangegangene große Arbeit im Verein mit dem Schmerz über den Verlust des von ihm überaus geliebten Vaters, von dessen Einfluß er sich nie ganz frei gemacht hatte, war sein zarter Körper geschwächt; als dieser Schlag dazu kam, erlitt er einen vollständigen Nervenzusammenbruch. Kein Fremder durfte aber etwas davon merken, als einzigen Arzt zog er seinen alten Hausarzt heran, auf dessen

Verschwiegenheit er sich unbedingt verlassen konnte. Mit eiserner Energie hielt er sein Kolleg ab, am Schluß der Stunde war er aber häufig so erschöpft, daß er in seinem Zimmer in lange Ohnmachten fiel. Auch im Laboratorium verfolgte er die Arbeiten seiner Schüler mit dem größten Interesse. Ich glaube, daß kein Student, ja sogar kaum ein Kollege etwas von dieser schweren Erkrankung gemerkt hat. Daß er diese Zeit überwand, ist das Verdienst seiner Frau, seiner Kinder, die sich zu seiner Freude entwickelten, und seiner Schüler. Daß diese ihm anläßlich seines 60. Geburtstages in großer Zahl persönlich überraschten und durch Eberts Mund ihre Dankbarkeit ausdrückten, war ihm zeitlebens eine liebe Erinnerung. Jahrelang hat er sich schonen müssen; das Arbeiten im Laboratorium war ihm auf das strengste untersagt. Aber ganz untätig konnte er nicht sein; die Physik war ihm vergällt, da warf er sich auf die Geschichte der Naturwissenschaften, besonders auf seine Arabica. Ich kann diese Arbeiten nicht beurteilen; von Fachkollegen habe ich gehört, daß sie hoch eingeschätzt werden. Dies beweisen auch die zahlreichen Dedikationen von in- und ausländischen Gelehrten, welche ihm unter den schmeichelhaftesten Worten ihre Bücher zusandten. Wie hoher Schätzung er sich in Philologenkreisen erfreute, bewiesen auch die warmen Worte, mit denen der Vorsitzende Prof. Schoene anläßlich des Erlanger Philologentages des damals erkrankten Wiedemann gedachte. Trotzdem ging seine Sehnsucht nach dem Experimentieren, und ich glaube, diese Sehnsucht wäre wieder übermächtig geworden und er hätte sich in das Laboratorium gestürzt, wenn nicht der Krieg dazwischen gekommen wäre. Die vierjährige dauernde Sorge um seine fast die ganze Zeit in der Front stehenden Söhne, ihre schweren Verwundungen und Krankheiten, dazu das Fehlen der Mitarbeiter und schließlich die Sorge um das Vaterland ließen ihn nicht zu der Ruhe kommen, die zum Forschen nötig ist. Dazu kam, daß er gesundheitlich durch die Zeit sehr mitgenommen wurde, denn er duldete nicht, daß mehr in das Haus kam, als amtlich genehmigt war. Und als der Krieg zu Ende war, da hatte er wegen Überhäufung mit Unterricht und Examina so viel zu tun, daß er an eigenes Arbeiten gar nicht denken konnte. Als diese unruhevolle Zeit zu Ende war, sah er mit einer gewissen Wehmut ein, daß die Zeit des Experimentierens endgültig vorbei war. So zog er sich ganz auf seine Arabica zurück; sein Plan war, in einem größeren Werk seine Studien zusammenzufassen und die arabische naturwissenschaftliche Epoche zu schildern, es ist nicht fertig geworden und wird wohl für immer ungeschrieben bleiben, denn eine derartige Vereinigung von naturwissenschaftlichen und philologischen Kenntnissen wird sich jedenfalls in absehbarer Zeit nicht wieder in einem Menschen vereinigt finden.

Am Schlusse des W.-S. 1926 übergab er nach 40jähriger Leitung das Institut Prof. Gudden. In seiner Abschiedsvorlesung schilderte er die Entwicklung der Physik in den letzten 50 Jahren, der Zeit, in der er forschend an der Entwicklung teilgenommen hatte. Dieser Schritt in den Ruhestand bedeutete aber kein Ausruhen, er arbeitete weiter und veranlaßte noch mehrere Dissertationen.

Beneidenswert war sein Tod. In einer Handschrift hatte er eine wichtige Stelle gefunden, mit einem gewissen Hochgefühl schlief er ein, um nicht wieder aufzuwachen.

Er hatte sich bei der Beerdigung jede offizielle Rede und jedes offizielle Gepränge verbeten. In dem Krematorium in Nürnberg hatten sich trotzdem zahlreiche Kollegen und Schüler versammelt. Nach den Worten des Geistlichen sprach ich im Namen der Schüler Worte des Gedenkens und des Dankes. Dann senkte sich unter feierlichem Orgelklang der Sarg hinab. Was menschlich an Wiedemann war, ging dahin; es bleibt die Erinnerung an einen hochbedeutenden Mann, der viel Freud, aber auch sehr viel Leid erfahren, der durch Fleiß, Gewissenhaftigkeit und Herzensgüte uns dauernd ein Vorbild sein wird.

(Eingegangen 15. Februar 1928.)

Ich

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Magnetisierbarkeit dünner Manganschichten.

Von H. Freese.

I. Einleitung.

Die magnetischen Eigenschaften des Mangans, des unmittelbaren Nachbarn der Eisengruppe im periodischen System, sind noch nicht so geklärt, daß man sagen könnte: Mangan gehört zu den paramagnetischen bzw. zu den ferromagnetischen Stoffen. Gerade am Mangan hat sich zuerst die übliche Einteilungsweise des magnetischen Verhaltens der Stoffe als unzulänglich erwiesen.

Klassifiziert man nämlich einerseits nach der Größe der Suszeptibilität, so findet man verschieden stark „magnetische" Modifikationen, deren schwächste stärker als alle festen paramagnetischen (außer den seltenen Erden), deren stärkste bedeutend schwächer als die ferromagnetischen Stoffe im Magnetfeld beeinflußt werden.

Will man andererseits nach dem Kriterium unterscheiden, ob die Suszeptibilität von der Feldstärke abhängt oder nicht, so müßte man Mangan als ferromagnetisch ansehen, da es eine ähnliche, erst ansteigende, dann abfallende μ-$\mathfrak{H}$-Charakteristik zeigt, wie die Elemente der Eisengruppe, ja in besonderer Modifikation sogar eine Hystereseschleife mit bedeutender Koerzitivkraft.

Zu welcher Unterscheidungsweise man sich auch entschließen mag, immer sieht man, daß das Mangan in verschiedenen Zuständen auftritt, von denen der eine (normale) mehr Ähnlichkeit mit den paramagnetischen, der andere mehr mit den ferromagnetischen Stoffen hat. Im Folgenden sei daher der Kürze halber einfach von der paramagnetischen bzw. der ferromagnetischen Modifikation des Mangans die Rede.

Um gleich eine ungefähre zahlenmäßige Unterscheidung zu machen: Die Größenordnung der Suszeptibilität[1]) ist bei der

paramagnetischen Modifikation $+ \quad 10 \cdot 10^{-6}$

ferromagnetischen Modifikation $+ 2000 \cdot 10^{-6}$.

Zum Vergleich folgen in Tabelle I die Suszeptibilitäten einiger anerkannt paramagnetischer Stoffe und die Maximalsuszeptibilitäten der Eisengruppe.

II. Historisches.

Folgende Ergebnisse magnetischer Untersuchungen an metallischem Mangan liegen vor.

Seckelson (3) fand an elektrolytischen Schichten (Dicke 500 mμ) und an einem von Bunsen hergestellten größeren Stück eine Suszeptibilität von etwa $4 \cdot 10^{-6}$, außerdem hohe Remanenz.

Unter Richarz untersuchten Gebhardt (4), Ihde (5) und Lepke (6) Gußmangan von Merck, massiv und pulverig und bestimmten χ in Übereinstimmung mit den bei Landolt (1) genannten Autoren Honda, Soné, Ishiwara, Owen zu rund $10 \cdot 10^{-6}$.

Wenn auch in all diesen Arbeiten eine Inkonstanz der Suszeptibilität abhängig von der Feldstärke konstatiert wird (ca. 20 Proz.), so liegt der Mittelwert von χ doch deutlich in der paramagnetischen Größenordnung.

Ganz anders verhält sich nun der Befund von Weiss und Onnes (7) und Kuh (8). Sie messen eine 200mal größere Suszeptibilität, nämlich etwa $2200 \cdot 10^{-6}$ maximal. Die Herstellung dieser ferromagnetischen Modifikation ist unter IV A genau beschrieben. Wesentlich scheint ein Umschmelzprozeß in Wasserstoff zu sein. Bei Aufnahme der Hystereseschleife finden sie, wie seinerzeit Seckelson, hohe Werte für Remanenz und Koerzitivkraft.

Über weitere Untersuchungen mit denselben Proben berichten St. Loria (9) (magnetooptisch) und nach $5^1/_2$jähriger Zwischenzeit Hadfield, Chénevau und Géneau (10). Nach ihnen scheint χ noch größer geworden zu sein ($2700 \cdot 10^{-6}$) und sinkt bei Ausglühen auf Werte wie $27 \cdot 10^{-6}$ und $130 \cdot 10^{-6}$.

Anschließend seien hier die Strukturuntersuchungen von Mangan erwähnt, die leider nie in direktem Zusammenhang mit magnetischen Messungen gemacht wurden, wohl aber zu Vergleichen anregen können. Westgren und Phragmen (11) vermuten in einem nur bei elektrolytischem Mangan auftretenden tetragonalen Gitter ein Manganhydrid. Ihre Meßwerte stimmen im wesentlichen überein mit denen von Olshausen (12) und Bradley (13).

Den Einfluß von Wasserstoffbeladung versuchte Oxley (14) auf Grund weiterer Experimente an anderen Elementen in der Weise zu deuten, daß das Atom magnetisch gewissermaßen um die Ordnungszahl 1 erhöht wird. Mangan wird ferromagnetisch (wie Eisen), Eisen erhält höhere Koerzitivkraft (wie Kobalt), Palladium wird diamagnetisch (wie Silber).

Auch Hadfield will allein den Wasserstoff für den Ferromagnetismus verantwortlich machen, während Weiss diese Frage offen läßt und Kuh sogar annimmt, der Ferromagnetismus seiner

1) Wo von „Suszeptibilität" ohne weiteren Zusatz die Rede ist, soll hier stets die sog. Massensuszeptibilität gemeint sein.

Tabelle I.

Stoff		Permeabilität $\mu = 1 + 4\pi\varkappa$	Suszeptibilität pro Volumeinheit $\varkappa$	Masseneinheit $\chi = \varkappa$: Dichte	Grammatom $\chi_A = \chi \cdot$ Atomgewicht
Platin		1,0003	$21 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$195 \cdot 10^{-6}$
Palladium		1,0008	$63 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$588 \cdot 10^{-6}$
Neodym (Max. d. selt. Erden)		1,0031	$251 \cdot 10^{-6}$	$36 \cdot 10^{-6}$	$5230 \cdot 10^{-6}$
Sauerstoff		1,000002	$0{,}1 \cdot 10^{-6}$	$108 \cdot 10^{-6}$	$1728 \cdot 10^{-6}$
Mangan, paramagn.		1,0009	$73 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$549 \cdot 10^{-6}$
„ ferromagn.	($H \sim 1500$)	1,0900	$7300 \cdot 10^{-6}$	$1000 \cdot 10^{-6}$	$54900 \cdot 10^{-6}$
„ „	($H \sim 350$)	1,2470	$19700 \cdot 10^{-6}$	$2700 \cdot 10^{-6}$	$148000 \cdot 10^{-6}$
Kobalt	Maximal-	175	13,8	1,6	94,2
Nickel	werte	1120	89	10	587
Eisen		14600	1155	147	8160

(Daten aus Landolt-Börnstein (1)).
Einen graphischen Vergleich der ferromagnetischen Kurven siehe bei Freese (2).

Proben resultiere aus ihrem extremen Reinheitsgrad, der normale Paramagnetismus dagegen, den man gewöhnlich findet, aus den normalen Verunreinigungen.

III. Fragestellung.

Wie man sieht, weisen diese Forschungen jedenfalls auf die Möglichkeit hin, daß der Ferromagnetismus im Mangan durch Wasserstoffbeladung hervorgerufen werden kann. Um einen weiteren Beitrag zur Kritik dieser Annahmen zu liefern, schlug Herr Professor Zenneck vor, eine starke Gasbeladung des Mangans durch kathodische Zerstäubung in Wasserstoff oder durch Elektrolyse zu versuchen und die dabei erhaltenen dünnen Schichten auf ihre magnetischen Eigenschaften zu prüfen.

Auf diesem Weg ergibt sich außerdem die Gelegenheit, einen etwaigen Einfluß der Schichtdicke zu untersuchen, der bei zerstäubten Nickelschichten bereits festgestellt wurde (15).

Daneben empfiehlt es sich natürlich, die schon von Kuh angegebene Herstellungsmethode für ferromagnetisches Mangan zu reproduzieren.

IV. Herstellung der zu untersuchenden Manganpräparate.

Auf dreierlei Weise wurden die Manganproben bereitet:

A. Mangangewinnung nach Kuh.

Ausgangsmaterial ist: $MnCl_2$ puriss. pro an. von Kahlbaum. In drei Stufen gelangt man über zwei Zwischenprodukte zum metallischen Mangan.

Erste Stufe: Das erwähnte $MnCl_2$ wird in einer bei 50° C gesättigten Lösung als Elektrolyt angesetzt. Anode: Platinblech. Diaphragma: Tonzelle, Kathode: Reinstes Quecksilber. Stromdichte an der Kathode: 0,054 A/cm². Gesamtdauer der Elektrolyse: $4^1/_2$ Stunden. Das entstandene Amalgam wurde mit destilliertem Wasser gewaschen und durch Auspressen zwischen Leder gründlich vom überschüssigen Quecksilber befreit. Bezeichnung: Mangan-Amalgam.

Zweite Stufe: Das Mangan-Amalgam wurde in zwei Porzellanschiffchen gepreßt, die in einem Porzellanrohr unter Durchleitung reinsten Wasserstoffs[1]) in einem Widerstandsofen ca. eine Stunde auf Rotglut erhitzt wurden.

Der Wasserstoffstrom wurde während der ganzen Erwärmung und Abkühlung unterhalten. Es entstand ein schwarzes poröses trocken schwammiges Mangan von geringer Dichte. Bezeichnung: Schwammiges Mangan.

Dritte Stufe: Wie weiter unten beschrieben, wurde das schwammige Mangan nach seinem magnetischen Verhalten sortiert und die unmagnetischen Bestandteile in ein Magnesiaschiffchen gefüllt, das mit der von Kuh als not-

1) Der Weg des Wasserstoffs war folgender:
1. Elektrolysegefäß mit 6,7 Lit. aq. dest., 3 kg KOH. Elektroden (dabei Spülelektrode nach Gaede (16)) aus Reinnickel-Blech.
2. Hahn.
3. Waschflasche mit 100 g aq. dest., 120 g KOH, 5 g Pyrogallol zwecks Absorption der Sauerstoffreste.
4. Waschflasche mit 150 g aq. dest., 5 g $KMnO_4$, 5 g KOH zwecks Absorption der Arsen- und Phosphorwasserstoffe.
5. Trockenturm mit etwa 300 g $CaCl_2$ pur. sicc.
6. P_2O_5-Gefäß.
7. Hahn.
8. Vorratsballon mit Quecksilbermanometer.
9. Hahn.
10. Tombakrohr.
11. Porzellanrohr mit Tiegeln im Ofen.
12. Glas-Druckschlauch- und Kupfer-Leitung zur Vakuum-Ölpumpe von Siemens-Halske.

wendig angegebenen Vorsichtsmaßregel[1]) abermals wie bei der zweiten Stufe in einem Porzellanrohr unter Wasserstoffstrom erhitzt wurde, diesmal aber bis zur Schmelztemperatur des Mangans (1250° C). Wieder blieb der Wasserstoffstrom bis zur völligen Abkühlung eingeschaltet. Als Produkt entstanden perlig zusammengeschmolzene Mangantropfen mit schwach bläulich oder grünschimmernder Oberfläche. Bezeichnung: Umgeschmolzenes Mangan.

B. Mangangewinnung durch Elektrolyse.

Nachdem direkte Elektrolysen auf Platindraht mit den von Seckelson angegebenen Daten ebenso unbefriedigende Resultate zeitigten, wie er selbst es beschreibt, wurde nach folgender neuerer Vorschrift verfahren (Dietz (17)).

Elektrolyt: 100 g aq. dest., 31 g $MnCl_2$, 27 g NH_4Cl. Anode: Platinblech 10,5 cm^2. 0,2 mm. Kathode: Platin-, Kupfer-, Silber-, Wolfram-Drähte verschiedener Stärke. Stromdichte: 0,25 A/cm^2. Dauer: 1—2 Stunden. Temperatur: 30° C.

Außer Mangan scheidet sich, was für den vorliegenden Fall wesentlich ist, Wasserstoff an der Kathode ab, und es war zur Erzielung dicker, blasenfreier Schichten notwendig, die Kathoden während der Elektrolyse rotieren zu lassen und ständig zu polieren. Vollkommen blasenfreie Schichten gab es zwar nicht, doch war wenigstens das Drahtmaterial unter den für Zerstäubung weiter verwendeten elektrolytischen Niederschlägen völlig verdeckt. Unter denselben Bedingungen wurden auch Kupferbleche vom Format 18·18·0,05 mm beschlagen. Bezeichnung: Elektrolytmangan.

C. Mangangewinnung durch Zerstäubung.

Aus Veröffentlichungen (18) über Zerstäubung verschiedener Metalle geht hervor, daß das Mangan zu den schwerst zerstäubenden Metallen gehört. Im Einklang hiermit wurde auch bei mir dieser Teil der Arbeit zu dem weitaus langwierigsten. Dazu kommt eine spezielle Hartnäckigkeit des Mangans gegen alle Versuche mechanischer Bearbeitung, die zur Herstellung der Zerstäubungskathoden nicht zu umgehen war. Ausschlaggebend für die Anordnung der Zerstäubungsvorrichtung wurde in erster Linie die bei Vorversuchen deutlich erkennbare Tatsache, daß die Zerstäubung erst bei Stromdichten einsetzt, welche die Kathode in helle Rotglut bringen. Folgende Wege wurden eingeschlagen:

1. Die nach B erhaltenen, mit ca. $^1/_2$ mm Manganschicht beschlagenen Drähte wurden als Zerstäubungskathode benutzt. Sie ließen sich relativ am leichtesten zum Zerstäuben bringen, mußten jedoch immer zu dem Verdacht Anlaß geben, daß von dem Drahtmaterial, an dem die elektrolytische Schicht haftete, Teile mit zerstäubten. Denn das einigermaßen dichte Elektrolytmangan war nur auf den sehr leicht zerstäubenden Materialien Kupfer, Platin, Silber gelungen, während auf dem schwer zerstäubenden Wolfram nur eine nicht sehr festsitzende Schicht mit großen Löchern zu erzielen war.

2. Reines Manganmetall, das entweder direkt von Kahlbaum bezogen oder aus Manganthermit aluminothermisch von mir selbst hergestellt war, wurde in Schamottetiegeln im Widerstandsofen geschmolzen und im flüssigen Zustand in Magnesiaröhrchen von 1,5 bzw. 3 mm l. W. eingesaugt. Die erstarrten Stäbchen ließen sich zwar auch in Rotglut zerstäuben, machten aber mit der vakuumdichten Befestigung viel mehr Schwierigkeiten als das Elektrolytmangan.

3. Versuche, das Kahlbaum-Mangan in kleinen Stückchen oder in Pulverform durch die Zerstäubungswärme selbst bis zum Zusammenschmelzen zu erhitzen, schlugen deshalb fehl, weil die kleinen Partikelchen bei Steigerung des Feldes aus ihrem Quarzbehälter hinausspritzten.

4. Größere unbearbeitete Stücke des Kahlbaum-Mangans ließen sich nicht auf die zur Zerstäubung anscheinend notwendige Temperatur bringen.

Die brauchbarste Anordnung, mit der die später ausgemessenen Niederschläge schließlich gelangen, zeigt Fig. 1, die dabei interessierenden Daten die folgende Tabelle II.

Tabelle II.

Bezeichnung	Oberfläche der Kathode mm^2	Strom mA	Dauer der Zerstäubung
Z 7	130	15	10 s.
Z 3	120	6	10—20 s.
Z 8	60	20—30	2 h mit Unterbrechung
Z 5	120	6—10	30 s.

Der Druck des nach obiger Beschreibung hergestellten Wasserstoffs wurde durchwegs so reguliert, daß die Dunkelraumgrenze sich in der Nähe der Deckgläschen befand. Die Hochspannungsquelle war ein Funkeninduktor in Serie mit einer Gundelach-Ventilröhre.

Geprüft wurde, ob das für die Versuche verwendete Mangan nicht etwa der ferromagnetischen Modifikation angehörte. Es ergab sich keine Spur einer Anziehung durch einen starken Stahlmagneten.

[1]) Vor und hinter dem Schiffchen je eine Rinne mit lose gehäuftem schwammigem Mangan zwecks Absorption von Sauerstoff.

V. Magnetische Messungen.

A. Qualitative Untersuchungen.

Bei der Reproduktion des Kuhschen Versuches prüfte ich wie er die einzelnen Produkte (s. IV A) mit einem kräftigen Stahlmagneten

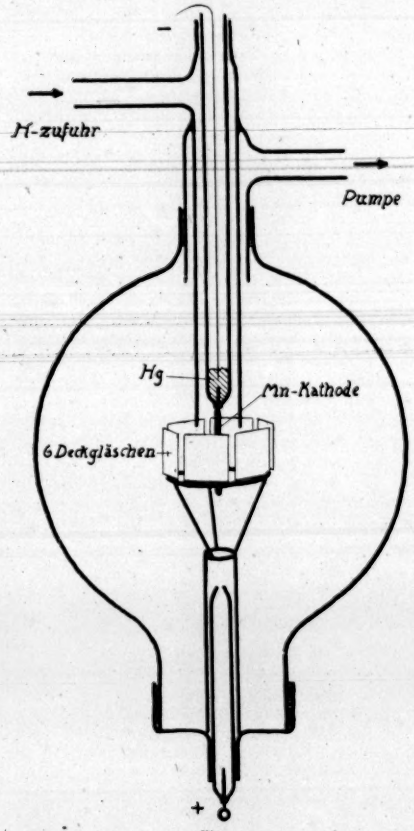

Fig. 1.

und kam nicht zur vollen Übereinstimmung mit seinen Befunden. Wohl zeigt sich in beiden Fällen, daß durch Behandlung mit Wasserstoff anscheinend das Mangan ferromagnetisch gemacht werden kann, aber in den Einzelheiten treten doch folgende Unterschiede auf.

Zunächst wird das erste Zwischenprodukt, das Mangan-Amalgam genau wie bei Kuh überhaupt nicht vom Stahlmagneten beeinflußt, ein Zeichen dafür, daß dieses Ausgangsmaterial für die Wasserstoffbehandlung keinerlei ferromagnetische Bestandteile enthält. Nach dem Glühen in Wasserstoff jedoch erhielt ich ein schwammiges Mangan, von dem etwa 10 Proz. (im Pulverzustand) am Magneten haften blieben, wogegen Kuh dasselbe Material als durchwegs unmagnetisch bezeichnet. Andrerseits waren nach dem Schmelzprozeß in Wasserstoff unter den Stücken des umgeschmolzenen Mangans nur zwei ganz kleine, die vom Magneten angezogen wurden, während das Kuh beim größeren Teil dieses Endproduktes gefunden hat.

Die Tatsache, daß weder Kuh noch ich reproduzierbare Bedingungen zur Gewinnung der ferromagnetischen Modifikation auffinden konnte, veranlaßte mich, diese Versuche nicht weiter zu verfolgen.

B. Quantitative Untersuchung der durch Zerstäubung oder Elektrolyse hergestellten Schichten.

1. Methode.

Das Prinzip der Methode, die sich eng an diejenige von Curie-Weiss (19,6) anschließt, war folgendes:

Die Manganschicht wurde in ein Magnetfeld gebracht und die Kraft, die auf dieselbe ausgeübt wurde, gemessen. Dann brachte man an dieselbe Stelle des Magnetfeldes ein Platinblech von möglichst genau denselben Dimensionen, wie sie die Manganschicht hatte. Ist dann P_0 die Kraft, die das Platinblech von der Masse m_0 und der Suszeptibilität χ_0 in einer bestimmten Richtung erfährt, und bedeutet P, m, χ das Entsprechende

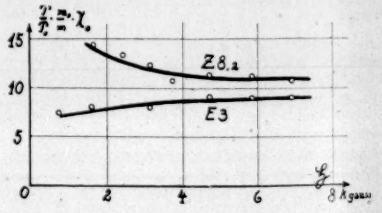

Fig. 2.

für die Manganschicht, und $\mathfrak{H}$ die mittlere Feldstärke am Ort der Probe, so ist:

$$\chi + \tfrac{1}{2}\mathfrak{H} \cdot \frac{d\chi}{d\mathfrak{H}} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{m_0}{m} \cdot \chi_0 . \qquad (1)$$

Ändert sich die Suszeptibilität nicht erheblich bei Variation der Feldstärke, so kann man einfach setzen:

$$\chi = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{m_0}{m} \cdot \chi_0 . \qquad (2$$

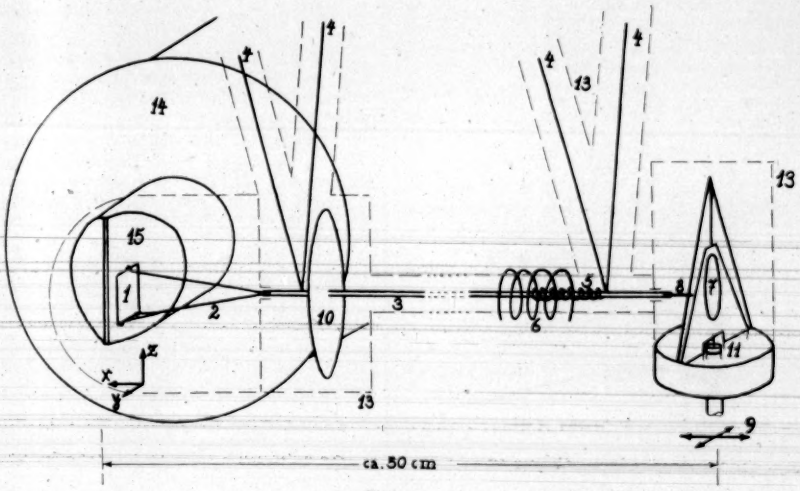

Fig. 3.

Daß diese Vereinfachung tatsächlich gestattet ist, zeigt Fig. 2, wo für zwei typische Proben der Verlauf des Ausdrucks (1) als Funktion der Feldstärke $\mathfrak{H}$ wiedergegeben ist. Die stärker von der Horizontalen abweichenden Werte liegen nur bei schwachen Feldstärken, bei denen die Genauigkeit infolge der sehr klein werdenden Kräfte stark nachläßt. Es wurde deshalb auch der Mittelwert für $P/P_0 \cdot m_0/m \cdot \chi_0$ nur aus den Messungen bei stärkeren Feldern gebildet.

2. Beschreibung der Apparatur (Fig. 3).

Die Probe 1, d. h. der Mangan-Niederschlag auf 18·18 mm großem Kupferblech oder Deckglas wurde mittels der Gabel 2 (Silberdraht) durch ein Glasrohr 3 gehalten, das an zwei Paar V-förmig gespannten Kupferfäden 4 ($d = 0{,}1$ mm) horizontal in seiner Achsenrichtung beweglich hing. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit war die Fadenlänge zu 1 m gewählt. Durch die Fäden erfolgte die Stromzuleitung zu einer auf dem Glasstab befestigten Spule 5, die zusammen mit der koaxialen außen festsitzenden Spule 6 die Kompensation der auf die Probe wirkenden Kraft besorgt. Zur Einstellung in die Nullage bei dieser Kompensation diente der Spiegel 7, auf dessen mit einem Deckglas bedeckte Rückseite eine am Ende des Rohres 3 angebrachte Glasspitze 8 tastete. Die vertikale Spiegelachse war verschiebbar sowohl in Richtung der Rohrachse wie in der dazu senkrechten Horizontalrichtung (s. Pfeile 9). Damit konnte die Drehempfindlichkeit des Spiegels reguliert werden, der mit Fernrohr und Skala die Rückverschiebung der Probe auf einen konstanten Ausgangspunkt zu kontrollieren gestattete. Zwecks ruhiger Einstellung erhielt das Rohr 3 eine Glimmerscheibe 10 für Luftdämpfung, der Spiegel eine Glimmerscheibe 11 für Dämpfung in destilliertem Wasser mit dünner Ölschicht. Das ganze bewegliche System war zum Schutz gegen Luftzug, wie die gestrichelte Linie 13 angibt, in ein Gehäuse aus weiten Glasrohren, Messingbüchsen und sog. Gelatinepapier eingeschlossen.

Das Feld lieferte ein Ruhmkorff-Magnet 14 (nur die eine Hälfte angedeutet), der schneidenförmige Polschuhe 15 von der Schneidenlänge 4 cm besaß. Er stand auf einem in der x-Richtung beweglichen Wagen und konnte mit Schraube und Noniusteilung in die Lage gebracht werden, die für die Messung am günstigsten war (s. vorbereitende Messungen).

Die unerwünschten Nebenwirkungen des Magnetfeldes auf die para- oder diamagnetischen und auf die stromführenden Teile des beweglichen Systems wurden dadurch ausgeschaltet, daß als P in Gleichung (1) die Differenz aus einer Messung mit Haltevorrichtung + Meßobjekt und einer Messung mit Haltevorrichtung allein, und daß nie der einzelne Kompensationsstrom durch die bewegliche Spule 5, sondern immer nur der Mittelwert aus mehreren unter Kommutieren erhaltenen Wertpaaren benutzt wurde. Die

magnetischen Störwirkungen waren außerdem schon durch teilweise Umwicklung des beweglichen Systems mit Wismutdraht und durch Verwendung sehr schwacher Ströme in der von den Polen etwa 40 cm weit entfernten beweglichen Spule 5 stark herabgedrückt.

3. Vorbereitende Messungen.

Außerhalb der Polachse in der negativen x-Richtung (Fig. 3) hat die Kraft P ein Maximum. Sein Ort wurde mit Hilfe der Platinnormalen aufgesucht. Mit Platinnormale soll ein Blech aus reinstem Platin (Heraeus) von denselben Formen und Dimensionen (18 · 18 · 0,05 mm) wie die

Fig. 4.

später zu untersuchenden kathodisch bestäubten Deckgläschen oder elektrolytisch beschlagenen Kupferbleche bezeichnet werden. Es zeigte sich für alle Magnetisierungsströme derselbe sehr flache Verlauf des Maximums (Fig. 4), so daß die Einstellung im Magnetfeld auf $^1/_{10}$ mm in der x-Richtung vollauf genügte.

Da an diesen Ort des Maximums später die Proben gebracht werden sollten, wurde auch die Feldstärke hier gemessen. Die Meßspule wurde aus emailliertem Kupferdraht ($d = 0{,}2$ mm) auf ein Hartgummiplättchen von 18 · 18 · 0,5 mm Größe gewickelt und in derselben Lage relativ zum Feld verwendet wie sie die Proben später einnahmen. An der Spule lagen ein Rheostat zur Meßbereichumschaltung und ein Spiegelgalvanometer, beide von Edelmann. Die Eichung der Anordnung erfolgte unmittelbar vor und nach den Feldmessungen in der Weise, daß die Meßspule in eine eisenlose lange Eichspule gebracht wurde, deren Strom man ruckartig kommutieren konnte. Sowohl die Kommutierungskurve wie die sehr schmale Hystereseschleife des Magneten wurde aufgenommen.

Schließlich erfolgte am Anfang und am Schluß jeder endgültigen Suszeptibilitätsmessung die Eichung der Apparatur mit der Platinnormalen, wobei für das Platin als Mittelwert der Angaben bei Landolt (1) eine Suszeptibilität von $\chi_0 = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$ angenommen wurde.

4. Messung der Suszeptibilität der Manganschichten.

Bei den kathodisch zerstäubten Schichten maß ich zunächst durch Wägung die Massen m und die Kräfte P als Funktion der Feldstärke für Deckglas + Mangan, dann nach Abätzung der Manganschicht mit Salpetersäure m und P für das Deckglas allein. Umgekehrt bei den elektrolytischen Niederschlägen zuerst das Kupferblech allein, dann nach der Elektrolyse das Blech mit dem Manganniederschlag. Die Differenzen geben die m und P für Mangan allein und können in Gleichung (1) eingesetzt werden.

Zur Berechnung der Schichtdicken wurde eine Dichte von 7,3 angenommen.

Tabelle III.

Art	Bezeichnung	Masse mg	Schichtdicke 10^{-6} cm	Suszeptibilität pro Masseneinheit χ
kathodisch zerstäubt	Z 7	0,12	5	$70 \cdot 10^{-6}$
	Z 3[1])	0,39	53	$40 \cdot 10^{-6}$
	Z 8,1	3,25	135	$12 \cdot 10^{-6}$
	Z 5[1])	0,94	150	$20 \cdot 10^{-6}$
	Z 8,2	4,32	180	$12 \cdot 10^{-6}$
elektrolytisch niedergeschlagen	E 1	1,63	45	$20 \cdot 10^{-6}$
	E 2	19,88	1400	$13 \cdot 10^{-6}$
	E 3	64,19	3200	$9 \cdot 10^{-6}$

1) Z 3 und Z 5 waren Ausschnitte von der Größe 6 × 18 mm.

5. Fehlerdiskussion.

Die hier nicht wiedergegebene genaue Durchrechnung aller Fehlermöglichkeiten liefert für die ungünstigste Annahme, daß sämtliche Fehler mit demselben Vorzeichen in das Endergebnis eingehen, prozentuale Fehler für den Absolutwert von χ von 36—76 Proz., je nach Größe der Probe. Der Hauptanteil, die Unsicherheit der Suszeptibilität des Platins beträgt nach den Angaben bei Landolt-Börnstein (1) 33 Proz. und fällt ganz heraus, wenn man die Proben nur unter sich vergleicht. Bei der Entscheidung über Para- oder Ferromagnetismus ist selbst der maximale Gesamtfehler von 76 Proz. belanglos, da die ferromagnetische Modifikation eine Steigerung von χ auf den 200fachen Wert zeigen müßte.

Über die Reinheit der untersuchten Materialien kann nur gesagt werden, daß, wie schon erwähnt, als Ausgangsmaterial das reinste von Kahlbaum erhältliche $MnCl_2$ benutzt und daß bei der Verarbeitung jede Verunreinigungsmöglichkeit ängstlich ausgeschlossen wurde.

VI. Zusammenfassung.

Weiss und Kuh hatten Mangan nach Umschmelzen in Wasserstoff mindestens teilweise ferromagnetisch gefunden; meine Versuche bestätigten diesen Befund. Weder diesen Autoren noch mir gelang die Schaffung eindeutiger Voraussetzungen zur Entstehung dieser Modifikation, und von andrer Seite scheinen keine Versuche in dieser Richtung vorzuliegen.

Da sehr wahrscheinlich beim Zustandekommen des Ferromagnetismus des Mangans eine Wasserstoffbeladung mitwirkt, so wurde versucht, diese auf zwei andern Wegen zu erhalten: Erstens durch Kathodenzerstäubung in Wasserstoff, zweitens durch Elektrolyse unter gleichzeitiger Wasserstoffabscheidung.

Die Erwartung, an den zerstäubten oder elektrolytischen Schichten ähnliche hohe Suszeptibilitäten zu finden, wie sie Weiss und Kuh berichten, ist nicht eingetroffen, vielmehr bewegen sich die gemessenen χ-Werte in der normalen paramagnetischen Größenordnung von 10^{-5}.

Für Anregung und fördernde Unterstützung bei der Arbeit bin ich Herrn Geheimrat Zenneck zu besonderem Dank verpflichtet.

Im experimentellen Teil wurden Apparate benutzt, die teilweise von dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik und von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft vor längerer Zeit zur Verfügung gestellt wurden. Beiden Gesellschaften sei auch an dieser Stelle dafür gedankt.

VII. Literaturverzeichnis.

1) Landolt-Börnstein, Physik.-chemische Tab., 5. Aufl., 1923.
2) H. Freese, Jahrb. d. drahtl. Tel., **27**, 96, 1926.
3) E. Seckelson, Wied. Ann. **67**, 37, 1899.
4) W. Gebhardt, Diss. Marburg 1909.
5) K. Ihde, Diss. Marburg 1912.
6) W. Lepke, Diss. Marburg 1913.
7) P. Weiß u. Onnes, Comptes Rendus **150**a, 687, 1910; Trans. Far. Soc. **8**, 64, 1912.
8) E. Kuh, Diss. Zürich 1911.
9) St. Loria, Ann. d. Phys. **38**, 920, 1912.
10) R. Hadfield, Géneau u. Chénevau, Proc. Roy. Soc. (A) **94**, 65, 1917.
11) A. Westgren u. G. Phragman, Zeitschr. f. Phys. **33**, 777, 1925.
12) Olshausen, Zeitschr. f. Krist. **61**, 463, 1925.
13) A. J. Bradley, Phil. Mag. (6) **50**, 1018, 1925.
14) A. E. Oxley, Proc. Roy. Soc. (A) **101**, 264, 1922.
15) Hall, Phil. Mag. (5) **12**, 171, 1881; H. Behrens, Diss. Münster 1908; C. A. Skinner u. A. Q. Tool, Phil. Mag. (6) **16**, 833, 1908; A. J. Sorensen, Phys. Rev. (2) **24**, 658, 1924; L. R. Ingersoll, Phys. Rev. (2) **25**, 114, 1925; S. S. de Vinney, Phys. Rev. (2) **26**, 86, 1925; C. W. Oseen, Zeitschr. f. Phys. **32**, 940, 1925; R. L. Edwards, Phys. Rev. (2) **27**, 252, 1926; **29**, 321, 1927; J. D. Hanawalt u. L. R. Ingersoll, Nature **119**, 234, 1927.
16) Gäde, Ann. d. Phys. **41**, 302, 1913; J. Niese, Physik. Zeitschr. **24**, 12, 1923.
17) K. Dietz, Diss. München (T. H.) 1922.
18) H. Behrens, Diss. Münster 1908; A. Günther-schulze, Zeitschr. f. Phys. **36**, 563, 1926; Zeitschr. f. Techn. Phys. **8**, 169, 1927; E. Blechschmidt, Ann. d. Phys. **81**, 999, 1926; E. O. Hulburt, Phys. Rev. (2) **27**, 805, 1926.
19) P. Curie, Journ. de Phys. (3) **4**, 197, 263, 1895; Ann. de Chim. et de Phys. (7) **5**, 289, 1895; Oeuvres, 232,; P. Curie u. Chéneveau, Journ. de Phys. (4) **2**, 796, 1903; G. Meslin, Ann. d. Chim. et de Phys. (8) **7**, 145, 1906; F. Foex, Journ. de Phys. et le R. (6) **6**, 123, 1925; R. Forrer, Journ. de Phys. et le R. (6) **7**, 180, 1926.

München, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

(Eingegangen 30. Januar 1928.)

Die Radioaktivität der Isotope des Kaliums.

Von Martin Biltz und Hans Ziegert.

Das Hoffmannsche Vakuumelektrometer zeichnet sich durch außerordentliche Empfindlichkeit und hohes Isolierungsvermögen aus. Dank dieser Eigenschaften konnte es zur Messung ganz geringer Ionisationen, wie etwa der der Hessschen Strahlung im Meeresniveau, mit Erfolg herangezogen werden. In dem folgenden berichten wir über die Verwendung des Hoffmannschen Vakuumelektrometers zum Vergleich der Aktivitäten zweier Kaliumsalzsorten. Es handelt sich um die Bestimmung der Aktivität gewöhnlichen reinsten Kaliumchlorids und derjenigen eines Kaliumchloridpräparates, das G. v. Hevesy und M. Lögstrup[1]) durch ideale Destillation von flüssigem Kalium an Kalium vom Atomgewicht 41, dem schweren Isotop, angereichert hatten. — Nach den Untersuchungen Astons ist nämlich das Kalium ein Mischelement, das zu rund 95 Proz. aus K_{39} und zu 5 Proz. aus K_{41} besteht. — Daß die Verschiebung der Zusammensetzung des Mischelements gelungen war, ergab eine Atomgewichtsbestimmung der erhaltenen Probe, die Hönigschmid und Goubeau ausgeführt haben und die als Atomgewicht statt 39,104 für das gewöhnliche Kalium, den Wert 39,109 ergab. Das angereicherte Kalium ist demnach um $0{,}005 \pm 0{,}001$ Proz. schwerer als das gewöhnliche und enthält $4{,}8 \pm 1$ Proz. mehr vom schweren Isotop, vom K_{41}, als das gewöhnliche.

Durch den Vergleich der Aktivität der beiden Kaliumchloridproben konnte man hoffen zu entscheiden, welches Isotop die β-Strahlen emittiert. Wenn nur K_{41} β-Strahlen aussendet,

1) G. v. Hevesy, Nature **120**, 838, 1927; G. v. Hevesy u. M. Lögstrup, erscheint gleichzeitig in der Zeitschr. f. anorg. Chem.

müßte die Aktivität des Präparates von G. v. Hevesy 4,8 Proz. größer sein als die des gewöhnlichen Kaliumchlorids. Wenn nur K_{39} β-Strahlen aussendet, müßte die Aktivität 0,26 Proz. kleiner sein als die des gewöhnlichen Kaliumchlorids.

Infolge der geringen Aktivität des Kaliums stieß es auf Schwierigkeiten, die Aktivitäten in einem gut isolierenden β-Elektroskop mit genügender Genauigkeit zu vergleichen. Es sollte deshalb das Hoffmannsche Vakuumelektrometer herangezogen werden, das sich dann zur Ausführung unserer Messungen als außerordentlich geeignet erwies. Dank dem großen Entgegenkommen des Herrn Prof. Hoffmann konnten die Versuche in seinem Laboratorium in Königsberg i. Pr. ausgeführt werden.

I. Die Meßanordnung.

Eine Beschreibung des Instrumentes hat G. Hoffmann[1]) gegeben. Erwähnt sei, daß in dem evakuierten Elektrometerraum ein an einem 3 μ dicken Wollastonfaden aufgehängter, in einer zweigeteilten Dose drehbarer Flügel sich befindet. Oberhalb desselben ist am Aufhängefaden ein 4 qmm großes Spiegelchen angebracht, das von einer kleinen Spaltlampe einfallendes Licht auf eine mit Bromsilberpapier bespannte Trommel reflektiert. Die Trommel (Radius 8 cm) wird durch ein Uhrwerk mit gleichmäßiger Geschwindigkeit (in etwa 2 Stunden einmal) gedreht. Der Elektrometerfaden steht in kurzer Verbindung mit der in den Ionisationsraum ragenden, durch Bernstein isolierten Auffangelektrode.

Der Ionisationsraum befindet sich auf einer über dem Elektrometer angebrachten Messingplatte[2]). Er wird von einem kugelförmigen Drahtgeflecht von 8 cm Durchmesser gebildet. Dieses ist von einer auf die Platte aufschraubbaren, luftdicht schließenden Kupferkappe umgeben. Der durch sie begrenzte Raum kann evakuiert und dann mit trockener Kohlensäure gefüllt werden. Diese Art der Füllung bewirkt eine größere Instrumentempfindlichkeit als Luftfüllung, da die Ionisation in einem Gase bei gleicher Radioaktivität dessen Dichte proportional ist. Das Kaliumpräparat, dessen Aktivität zu bestimmen ist, wird oberhalb der Drahtkugel, doch innerhalb der Kupferkappe auf einen isolierten Ständer gebracht. Das Gehäuse des Ionisationsraumes ist geerdet, während die Drahtkugel von einer Akkumulatorenbatterie aufgeladen wird.

Macht man das zunächst geerdete Elektrometer frei, so ruft äußere Strahlung, α-Strahlung der Drahtkugel und des Ständers[1]), sowie schließlich die aus dem zu messenden Präparate stammende β-Strahlung einen von der Drahtkugel zur Auffangelektrode fließenden Ionisationsstrom hervor, der zu einer langsamen Aufladung des Elektrometers, also einer Drehung des Spiegels führt.

Die äußere Strahlung ist Umgebungs- und Höhenstrahlung[2]) und wird durch einen 12 cm starken Kupferpanzer auf einen geringen, von der Höhenstrahlung herrührenden, annähernd konstanten Rest reduziert. Dieser kann durch Messungen ohne das β-strahlende Präparat bestimmt werden. Die α-Strahlung ist exakt kontrollierbar, da bei der hohen Empfindlichkeit des Elektrometers jedes einzelne α-Teilchen als ruckartige Elektrometerbewegung von ca. 2 cm auf dem photographischen Papier markiert wird. Man mißt somit bei Hinzubringen des Kaliumpräparates (bis auf die Höhenstrahlung, die wahrscheinlich eine Ultra-γ-Strahlung ist) reine Präparatstrahlung.

Lädt man die Drahtkugel auf ein konstantes Potential, so macht die dauernd wachsende Aufladung des Elektrometers eine sich über längere Zeit erstreckende photographische Registrierung unmöglich, weil wegen der großen Empfindlichkeit des Instruments selbst bei schwacher Ionisation der Lichtzeiger in wenigen Minuten über das Papier läuft. Außerdem soll die Aufladung des Elektrometers ganz niedrig gehalten werden, um seine Isolation schwankungsfrei zu behalten. Aus diesen Gründen wird die den Ionisationsraum umgrenzende Drahtkugel nicht auf ein konstantes, sondern auf ein gleichförmig abfallendes Potential geladen. Hierdurch wird ein Strom influenziert, der bei richtiger Wahl der Geschwindigkeitsgröße der Potentialänderung den Ionisationsstrom gerade kompensiert. Das gleichförmig abfallende Potential wird dadurch hervorgerufen, daß man gegen die an der Drahtkugel liegende Akkumulatorenspannung eine allmäh-

1) G. Hoffmann, Ann. d. Phys. **42**, 1196, 1913; Ann. d. Phys. **52**, 665, 1917.

2) Zwischen Elektrometer und Ionisationsraum liegt noch ein weiterer evakuierter, Eichzwecken dienender Raum, der jedoch für die vorliegende Untersuchung nicht von besonderer Bedeutung ist.

1) Die α-Strahlung rührt von winzigen Spuren radioaktiver Beimengungen zum Metall des Drahtes her. (Näheres über die Ionisation bei verschiedenen Metallen findet man bei H. Ziegert, Zeitschr. f. Phys. **46**, 705, 1928). Durch geeignete Wahl der Form des Ionisationsraumes, des Materials und der Reinigungsmethoden ist eine starke Herabsetzung der α-Strahlung erreichbar. In günstigen Fällen erhält man bei Drahtkugeln erwähnter Dimensionen nur 3—4 α-Teilchen pro Stunde. Bei den vorliegenden Messungen, wo die Drahtkugel mit warmer verdünnter Schwefelsäure abgeätzt, gereinigt und mit Putzpomade auf Hochglanz poliert worden war, traten etwa 11 α-Teilchen pro Stunde auf.

2) Näheres bei G. Hoffmann, Ann. d. Phys. **82**, 430, 1927.

lich steigende andere Spannung schaltet. Diese Spannung wird von einer sich gleichförmig drehenden Walze abgegriffen, die von einer zweiten Akkumulatorenbatterie mit Strom versorgt wird[1]).

Die Geschwindigkeit des Potentialabfalles der Drahtkugel — veränderlich mit der Größe des die Walze durchfließenden Stromes — bemißt man am besten so, daß der von äußerer Strahlung sowie β-Strahlung des Präparates hervorgerufene Ionisationsstrom gerade kompensiert wird. Das Elektrometer bleibt dann bis auf die durch α-Teilchen hervorgerufene Ladung völlig ohne Ladung. Der Lichtzeiger zeichnet in diesem Falle zum Trommelrande parallele Kurven, die gelegentlich durch ruckartige, von den α-Teilchen herrührende Ausschläge unterbrochen werden. Ist ein solches Laufen des Lichtzeigers erreicht, so ist die Stärke des durch die Walze fließenden Stromes ein Maß für die Stärke der äußeren (durchdringenden) und der Präparatstrahlung. Ist durch einen Vorversuch die Stärke der Außenstrahlung festgestellt, so erhält man durch Abzug dieses Wertes von der im Hauptversuch gemessenen Aktivität die β-Aktivität des zu messenden Kaliumpräparates.

Eine ganz genaue Kompensation des Ionisationsstromes ist praktisch nicht möglich: Die vom Lichtzeiger gezeichneten Kurven sind meist etwas gegen den Rand der Trommel geneigt. Es ist also an dem Zahlenwert des durch die Walze fließenden Stromes eine Korrektur anzubringen, die aus der Neigung der Kurven gegen den Rand errechnet werden kann. Ferner ist noch die übliche Gaskorrektur für Barometerstand und Temperatur zu berücksichtigen.

Es sind im wesentlichen drei Punkte, die das Hoffmannsche Instrument speziell für die hier vorzunehmenden Messungen dem gewöhnlichen Elektroskop überlegen machen.

1. Das Elektrometer wird nur auf wenige Millivolt aufgeladen. Infolgedessen macht die Isolierung des Elektrometersystems gegen die Umgebung (durch Bernstein) keinerlei Schwierigkeit und die Isolation ist völlig konstant. Die Isolation des auf einige hundert Volt aufgeladenen Elektroskopblättchens ist weit weniger konstant.

2. Die durch die natürliche γ-Ionisation der Luft hervorgerufene allmähliche Aufladung des Elektrometers entsprechend dem durch die gleiche Strahlung hervorgerufenen natürlichen Abfall des Elektroskops wird durch Panzerabschirmung des Elektrometers und des Ionisationsraumes gänzlich beseitigt. Ein geringer Elektrometergang ist durch die durchdringende Höhenstrahlung bedingt.

3. Die durch die α-Strahlung aus dem Material der Drähte des Ionisationsraumes hervorgerufene Aufladung des Elektrometers entsprechend dem durch die gleiche Strahlung aus den Wänden des Elektroskops hervorgerufenen Abfall des Elektroskopblättchens wird nicht wie beim Elektroskop in die durch äußere Strahlung hervorgerufene Ionisation miteinbezogen, sondern besonders gemessen. Die durch einen jeden α-Strahl hervorgerufene Ionisation, die jedesmal ruckartig eine geringe Aufladung des Elektrometersystems verursacht, wird ja auf der Registrierkurve, einem plötzlichen Ausschlag des Lichtzeigers entsprechend, als ca. 2 cm langer Strich aufgezeichnet. Die Summe dieser Ausschläge ist ein Maß für die während der Registrierung durch α-Ionisation erfolgte Aufladung des Elektrometers, und diese Aufladung kann als Korrektur von der durch die Radioaktivität des Präparates hervorgerufenen exakt in Abzug gebracht werden. Sie wird also während jeder Messung registriert und nicht wie beim Elektroskop vor oder nach der Messung zusammen mit der durch γ-Ionisation hervorgerufenen Auf- bzw. Entladung bestimmt. Dieser Umstand erhöht die Genauigkeit der Messungen besonders deshalb, weil die α-Ionisation wesentlich stärker schwankt als die γ-Ionisation.

II. Die Messungen.

Die Aktivitäten sind im folgenden angegeben in Milliampere Kompensationsstrom. Es ist dies der Strom, der durch die unter I beschriebene Walze fließen muß, um Kompensation des Ionisationsstromes zu erreichen. Er ist ein Maß für die Aktivität. Eine Umrechnung dieses Stromes in Ionenmaß ist möglich, aber für unsere Zwecke unnötig. Es wurde zunächst die äußere Aktivität gemessen, die von der Aktivität der Hauptmessungen abzuziehen ist. Sodann geschah die Inangriffnahme der Hauptmessungen. Hierfür wurden je 3 g der beiden sorgfältig getrockneten Kaliumchloridpräparate angewandt. Sie wurden in Schälchen mit Papierboden von 4 cm Durchmesser in 1,6 mm hoher Schicht gebracht. Der Inhalt der Schälchen wurde mit einem Stempel zusammengepreßt, um eine gleichmäßige Schichtdicke und eine glatte Oberfläche zu erzielen. Die Schalen fanden dicht oberhalb des Ionisationsraumes auf dem bereits erwähnten isolierten Ständer Aufstellung. Nach dem Aufsetzen und Verschrauben der Kupferkappe und dem Herumbauen des Kupferpanzers wurde der Ionisationsraum mehrmals abwechselnd durch eine rotierende Quecksilberpumpe evakuiert bzw. mit trockener Kohlensäure unter Normaldruck gefüllt. Die letzte Kohlensäurefüllung blieb dann einige Stunden im Gefäß, ohne daß noch

1) Näheres hierüber bei G. Hoffmann, Ann. d. Phys. **80**, 779, 1926 oder bei H. Ziegert, Zeitschr. f. Phys. **46**, 675, 1928.

registriert wurde. Man vermied hierdurch, daß radioaktive Beimengungen im Volumen des Ionisationsraumes störenden Gang des Elektrometers verursachten. Die nach einiger Zeit vorgenommenen Registrierungen dauerten im allgemeinen 4—5 Stunden. Es wurde, wie bereits erwähnt, der Kompensationsstrom so eingestellt, daß die Aufladung des Elektrometers, abgesehen von der durch α-Stöße verursachten, möglichst gering war. Die auf dem photographischen Papier aufgezeichneten und ausgewerteten Registrierkurven ergaben die am Kompensationsstrom anzubringende Korrektur wegen nicht völliger Gleichheit von Aufladung und Kompensation. Von dem so erhaltenen, noch auf Temperatur und Druck korrigierten Werte wurde der durch den Vorversuch bestimmte, zur Kompensation der äußeren, von der Höhenstrahlung herrührenden Ionisation notwendige Strom abgezogen; er betrug ungefähr ein Fünftel des Kaliumkompensationsstromes.

III. Die Messungsergebnisse.

1. Gewöhnliches Kaliumchlorid.

Es wurden fünf Meßreihen vorgenommen, die folgende Einzelwerte lieferten.

Registrierdauer in Min.	Kompensationsstrom in Milliampere
259	245,6
192	245,0
258	245,0
223	245,7
449	241,4

Mittelwert (unter Berücksichtigung der Registrierdauer) 244,0 Milliampere mit einem mittleren Fehler von $\pm$ 0,84 Milliampere.

2. An K_{41} angereichertes Kaliumchlorid.

Es wurden sechs Meßreihen vorgenommen, die folgende Einzelwerte lieferten.

Registrierdauer in Min.	Kompensationsstrom in Milliampere
207	252,6
240	251,1
260	253,5
280	251,8
230	249,9
296	252,3

Mittelwert (unter Berücksichtigung der Registrierdauer) 252,0 Milliampere mit einem mittleren Fehler von $\pm$ 0,52 Milliampere.

Es ergibt sich also für das an K_{41} angereicherte Präparat eine um 4,2 Proz. stärkere Aktivität. Der Maximalwert der Aktivitätsanreicherung (berechnet mit 244,0—0,84 Milliampere für gewöhnliches KCl und 252,0 + 0,52 Milliampere für angereichertes KCl) beträgt 5,0 Proz., der Minimalwert der Anreicherung der Aktivität (berechnet mit 244,0 + 0,84 Milliampere für gewöhnliches KCl und 252,0—0,52 Milliampere für angereichertes KCl) beträgt 3,5 Proz. Die Aktivitätsanreicherung von 4,2 $\pm$ 0,8 Proz. fällt also innerhalb der Fehlergrenzen mit der durch die Atomgewichtsbestimmung gefundenen Anreicherung an K_{41} zusammen. Es ist daher wahrscheinlich, daß lediglich das Kalium vom Atomgewicht 41 radioaktiv ist.

Zusammenfassung.

Es wurde mit dem Hoffmannschen Vakuumelektrometer die β-Aktivität des von v. Hevesy und Logstrup dargestellten Kaliumchloridpräparates um 4,2 $\pm$ 0,8 Proz. größer gefunden als die des gewöhnlichen Kaliumchlorids. Da auf Grund der von Hönigschmid und Goubeau ausgeführten Atomgewichtsbestimmung das erstgenannte Präparat einen um 4,8 Proz. höheren Gehalt an K_{41} aufweist, als das gewöhnliche, kann geschlossen werden, daß der radioaktive Bestandteil des Kaliums das Isotop vom Atomgewicht 41 ist.

Herrn Prof. v. Hevesy, der uns die Ausführung der vorliegenden Untersuchung vorschlug, sind wir zu vielem Danke verpflichtet. Wir danken ferner Herrn Prof. Hoffmann, der uns bei den Messungen mit seinem Instrument in liebenswürdiger Weise mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat.

Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft danken wir für die Gewährung eines Reisestipendiums an den einen von uns.

Freiburg i. Br., Institut für physikalische Chemie der Universität,

Königsberg i. Pr., I. Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 27. Januar 1928.)

Die Elektronentheorie der Oberflächenenergie an der Grenze zweier amorphen Medien.

Von B. M. Eidelson.

Wie J. Frenkel gezeigt hat[1]), kommen wir, falls die Elektronentheorie als Ausgangspunkt der Materienstruktur genommen wird, mit Notwendigkeit zum Schlusse, daß alle Körper

1) Journ. d. Russ. Phys.-Chem. Ges.; Phys Teil, XLIX, 100, 1917.

auf der ganzen Oberfläche[1]) an ihrer äußeren Seite eine Schicht von negativer Elektrierung haben. Diese negativ geladene elektrische Schicht hat ihre Entstehung den Elektronen zu verdanken, welche jenen Atomen oder Molekülen angehören, deren Zentren von der Oberfläche nicht weiter, als der Radius der Bahn des äußeren Elektrons mißt, abstehen.

Der Einfachheit wegen wollen wir wasserstoffähnlichen monoatomigen Stoff betrachten, dessen Atome aus einem Proton und einem in der Bahn vom Radius r sich bewegenden Elektron bestehen.

Nehmen wir an, daß die Bahnen in der Oberflächenschicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit in allen möglichen Stellungen orientiert werden können und vernachlässigen die Bewegung der Protonen, dann urteilen wir, daß die Schicht der negativen Elektrierung die Dicke r haben muß, da bei den Atomen, deren Kerne an der Stoffoberfläche selbst liegen und deren Bahnen im gegebenen Moment vertikal sind, die Elektronen nicht weiter von der Oberfläche, als um die Länge r abstehen können. Es ist leicht einzusehen, daß im Innern des Körpers unter seiner Oberfläche eine analoge Schicht von positiver Elektrierung bestehen muß, welche ebenfalls die Dicke r hat und welche im Sinne der Verteilung der Ladungsdichte ein Spiegelbild der äußeren Schicht darstellt (des Ladungszeichens ungeachtet). Somit erscheint die äußere Körperschicht als eine elektrische Doppelschicht.

Indem wir die obigen Annahmen über die gleiche Wahrscheinlichkeit der Lagerung der Bahnen und der Unbeweglichkeit der Atomkerne benutzen, können wir die durchschnittliche Volumendichte der Ladung im beliebigen Punkte der Doppelschicht

$$\bar{\varrho} = \pm \frac{1}{2} \frac{e n}{r} (r - x) \qquad (1)$$

ausrechnen, wo e die Größe der Elektronenladung ist, n die Anzahl der Atome in 1 cm³, x der absolute Abstand des Punktes von der Oberfläche. Bei Benutzung der Gleichung

$$\operatorname{div} \bar{\mathfrak{E}} = 4\pi\bar{\varrho}$$

wo $\bar{\mathfrak{E}}$ die elektrische Feldstärke im beliebigen Punkte der Doppelschicht ist, und bei der Annahme, daß

$$\frac{\partial \bar{\mathfrak{E}}_y}{\partial y} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{\partial \bar{\mathfrak{E}}_z}{\partial z} = 0^2)$$

ist, bekommen wir

$$\bar{\mathfrak{E}} = -\frac{\pi e n}{r} (r - x)^2. \qquad (2)$$

Das negative Zeichen bedeutet, daß das Feld nach außen gerichtet ist (auf der Fig. 1 nach oben).

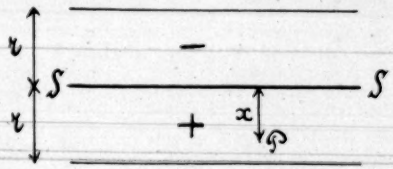

Fig. 1.

In den auf der Oberfläche liegenden Punkten hat $\bar{\mathfrak{E}}$ den größten Wert; sie nimmt mit der Entfernung von der Oberfläche nach beiden Seiten hin und wird gleich Null in den Punkten, welche die Koordinate $x = r$ haben, d. h. in den Punkten, welche auf der oberen und unteren Grenze der Doppelschicht sich befinden. Weiter kann man nach der Formel

$$W = \frac{1}{8\pi} \int_{-r}^{+r} \bar{\mathfrak{E}}^2 \, dx$$

die Energie des Feldes der Doppelschicht, welche auf 1 cm² der Körperoberfläche entfällt ausrechnen

$$W = \frac{\pi}{20} e^2 n^2 r^3.$$

Im Falle eines komplizierten Stoffes (Elements), dessen Atom k-Elektronen hat, ist

$$W = \frac{\pi}{20} k^2 e^2 n^2 r^3.^1) \qquad (3)$$

Man kann zeigen, daß für einen beliebigen Stoff, sogar für eine chemische Verbindung, die Energie des Doppelschichtfeldes in Form von

$$W = \frac{\pi}{20} k^2 e^2 n^2 r^3$$

dargestellt werden kann, wo k eine Konstante ist, welche freilich nicht den nämlichen Sinn wie im Falle des einfachen Stoffes hat, und $2r$ den größten Durchmesser der Moleküle bedeutet. In der Tat gehen wir bei der Ausführung der Formel (3) von (1) aus. Welches die mathematische Form der Gleichung auch immer sei, stets muß $\bar{\varrho}$ den Größen e und n proportional sein. Wenn aber ϱ den e und n proportional ist,

1) Unter der Körperoberfläche wollen wir die Oberfläche verstehen, welche durch die Zentren der äußersten Atome des Stoffes (im Falle des zusammengesetzten Stoffes — Moleküle) geht.

2) Diese Annahme scheint desto näher der Wahrheit zu liegen, je dichter die Atome gelagert sind, d. h. je größer die Zahl n ist; bei $n = \infty$ ist sie ganz richtig.

1) Die Formeln (1), (2), (3) sind von J. J. Frenkel ermittelt (s. Journ. d. Russ. Phys.-Chem. Ges., Phys. Teil, XLIX, 100, 1917).

so muß auch $\mathfrak{E}$ den e und n proportional sein. und W muß e^2 und n^2 proportional sein, d. h.

$$W = A e^2 n^2.$$

Aus der Betrachtung der Dimensionen der Größen, welche in der letzten Formel figurieren, geht hervor, daß

$$|A| = L^3,$$

da aber

$$|r| = L$$

ist, so kann man schreiben

$$A = B r^3,$$

wo B eine etwaige Konstante ist, welche in der Form

$$B = \frac{\pi}{20} k^2$$

dargestellt werden kann. Daraus geht hervor, daß

$$W = \frac{\pi}{20} k^2 e^2 n^2 r^3$$

ist.

Nun sehen wir, daß die Oberflächenschicht jedes Stoffes eine der Oberflächengröße proportionale Energie besitzt. Diese Energie kann man, wie J. J. Frenkel gezeigt hat, mit der Oberflächenspannung identifizieren. Auf diese Weise kann man, wenn die Größen k, n, r für irgendeinen Stoff bekannt sind, seine Oberflächenspannung an der Grenze gegen das Vakuum ausrechnen.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist die Gleichung abzuleiten, ausgehend von den oben besprochenen Ansichten über die Struktur der Oberflächenschicht, welche die Oberflächenspannungsgröße W_{12} an der Grenze zweier amorphen Stoffe mit den Größen W_1 und W_2 der Oberflächenspannung jedes Stoffes an der Grenze gegen den leeren Raum verbinden soll[1]).

Nehmen wir an, es seien uns zwei monoatomige gegenseitig absolut unlösliche Flüssigkeiten gegeben, welche voneinander durch Zahlen W, k, n, r sich unterscheiden. Wir stellen uns vor, die Atome dieser Flüssigkeiten bestünden aus dem Kerne mit der Ladung $+ ke$, um welche herum k Elektronen in der Bahn mit etwaigem mittlerem Radius r sich bewegen[2]). Die eine Flüssigkeit sei durch die Zahlen W_1, k_1, n_1, r_1, und die andere durch W_2, k_2, n_2, r_2 charakterisiert. Die Indizes 1, 2 sollen so gewählt sein, daß r_1 größer als r_2 sei. Betrachten wir das Bild der Oberflächenschicht an der Berührungsstelle dieser Flüssigkeiten. Dazu nehmen wir an, daß beide Flüssigkeiten in ein Gefäß hineingegossen worden sind, wobei die eine von diesen, z. B. die zweite, unten sich befindet. Es ist leicht einzusehen, daß bei dem Aufgießen der ersten Flüssigkeit auf die zweite, wenn ihre negativ-geladenen Schicht in Berührung kommen werden, zwischen ihnen eine solche Art von Wechselwirkung sich einstellen wird, daß sie ineinander einzudringen bestrebt sein werden. Dieser Umstand wird dadurch bedingt, daß die elektrischen Feldstärken in den Doppelschichten gegeneinander gerichtet sind, und infolgedessen die Elektronen, welche der einen Flüssigkeit angehören und ihre negative Schicht bilden, in das Innere der anderen Flüssigkeit einzudringen trachten. Auf der Zeichnung 2 ist der Schnitt durch die Grenze beider Flüssigkeiten in dem Moment dargestellt, wo die negativen Schichten schon ein wenig ineinander eingedrungen sind. Die oberen und die unteren Teile der Zeichnung sind verschieden gestrichelt, sie stellen entsprechend die erste und die zweite Flüssigkeit dar. Die Ebene S_1S_1 ist die Oberfläche der ersten Flüssigkeit, S_2S_2 die Oberfläche der zweiten Flüssigkeit. Feine Linien, welche im Abstande r_1 und r_2 von den entsprechenden Oberflächen gezeichnet worden, stellen die Grenzen der elektrischen Schichten dar. Wenn man annimmt, daß in der Überzahl der Fälle die Elektronen mit ihren Kernen eng verbunden sind, müssen wir urteilen, daß das Streben der negativen Schichten zum gegenseitigen Durchdringen eine Annäherung der Oberflächen bewirken muß. Wie weit solche gegenseitige Annäherung vor sich geht? Es ist nicht schwer einzusehen, daß, wenn diese Oberflächen zusammenfallen werden, ein stabiles Gleichgewicht sich einstellen wird. In der Tat werden bei dem Zusammenfallen der Oberflächen S_1S_1 und S_2S_2 die beiden Doppelschichten symmetrisch gegen ihre gemeinsame Oberfläche SS liegen (s. Fig. 3). Infolgedessen wird die Kraft, mit welcher die

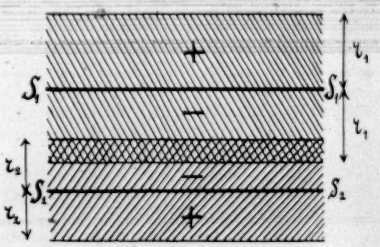

Fig. 2.

1) Im Falle der Kristalle ist infolge der Anisotropie derselben die Annahme über gleiche Wahrscheinlichkeit der räumlichen Lagerung der Bahnen nicht anwendbar.

2) In seiner Arbeit hat J. J. Frenkel gezeigt, daß die Wirkung der Elektronen, welche auf den inneren, dem Kerne nahen, Bahnen sich bewegen, in der Erzeugung der Doppelschicht sehr klein ist und außer acht gelassen werden kann.

negative Schicht der zweiten Flüssigkeit in das Innere der ersten Flüssigkeit eingezogen wird, durch die Kraft, mit welcher die positive Schicht der zweiten Flüssigkeit aus der ersten Flüssigkeit ausgestoßen werden wird, aufgehoben werden. Es ist leicht einzusehen, daß das Gleichgewicht nur bei Zusammenfallen der $S_1 S_1$ mit $S_2 S_2$ möglich ist. In Wirklichkeit aber kann völliges Zusammenfallen auch fehlen und ein gewisser Abstand zwischen ihnen bestehen bleiben. Dieser

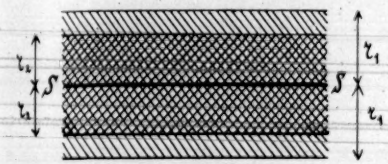

Fig. 3.

Abstand wird wahrscheinlich desto kleiner sein, je dichter die Atome liegen, d. h. je größer die Zahlen n_1 und n_2 sind. Bei genügend großem n können wir ihn sehr klein schätzen und vernachlässigen. Somit wird das aus zwei Flüssigkeiten gebildete System, welches sich selbst überlassen wird, in eine Lage kommen, welche auf der Fig. 3, wo die Ebene SS eine gemeinsame Grenzfläche bildet, dargestellt ist.

Da im Zustand des stabilen Gleichgewichtes dieses System minimale Energie besitzen muß, so ist

$$W_{12} < W_1 + W_2$$

und

$$W_{12} = 2w_1 + w_R, \tag{4}$$

wo w_1 die Energie ist, welche auf 1 cm² jenes Teiles der negativen oder positiven Schicht der ersten Flüssigkeit entfällt, der nach dem Zusammenfallen der Schichte außerhalb des Bereiches der Doppelschicht der zweiten Flüssigkeit bleibt; w_R die Energie, welche auf 1 cm² der Fläche im Bereiche der Doppelschicht der zweiten Flüssigkeit kommt. Für w_1 und w_R haben wir

$$w_1 = \frac{1}{8\pi}\int_{r_1}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2\, dx \tag{5}$$

und

$$w_R = \frac{1}{8\pi}\int_{-r_1}^{+r_2} [\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2]^2\, dx, \tag{6}$$

wo $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{E}_2$ die elektrischen Feldstärken sind, welche im beliebigen Punkte durch die Doppelschicht, entsprechend der ersten und der zweiten Flüssigkeit erzeugt werden.

Indem wir die Ausdrücke (5) und (6) in (4) einsetzen, bekommen wir

$$W_{12} = \frac{1}{4\pi}\int_{r_1}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2\, dx + \frac{1}{8\pi}\int_{-r_1}^{+r_2} [\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2]^2\, dx = \frac{1}{4\pi}\int_{r_1}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2\, dx + \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} [\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2]^2\, dx \tag{7}$$

Aber

$$\frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} [\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2]^2\, dx = \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2\, dx + \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_2^2\, dx + \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_1 \cdot \mathfrak{E}_2\, dx.$$

Setzen wir diesen Ausdruck in (7) ein.

$$W_{12} = \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2 dx + \frac{1}{4\pi}\int_{r_1}^{r_2} \mathfrak{E}_1^2 dx + \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_2^2 dx + \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{r_1} \mathfrak{E}_1 \cdot \mathfrak{E}_2\, dx = \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_1} \mathfrak{E}_1^2 dx + \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_2^2 dx + \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_1 \cdot \mathfrak{E}_2\, dx.$$

Indem wir bemerken, daß

$$\frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_1} \mathfrak{E}_1^2\, dx = W_1, \quad \frac{1}{4\pi}\int_{0}^{r_2} \mathfrak{E}_2^2\, dx = W_2, \quad \mathfrak{E}_1 = \frac{\pi k_1 e n_1}{r_1}(r_1 - x)^2, \quad \mathfrak{E}_2 = -\frac{\pi k_2 e n_2}{r_2}(r_2 - x)^2,$$

finden wir nach der Umformung:

$$W_{12} = W_1 + W_2 - \frac{\pi}{60} e^2 k_1 k_2 n_1 n_2 \left(10\, r_1 r_2^2 - 5\, r_2^2 + \frac{r_2^4}{r_1}\right). \tag{8}$$

Diese letzte Gleichung gibt Antwort auf die Frage, wie W_{12} von den W_1 und W_2 bei allen von uns gemachten Annahmen abhängt.

Dieselbe ist bezüglich r_1 und r_2 asymmetrisch, da bei ihrer Ausführung wir $r_1 > r_2$ angenommen haben. Die in der Gleichung befindlichen Größen r_1 und r_2 sind jedoch wenig geeignet, wir wollen dieselben deshalb auf folgende Weise umbilden: aus der Gleichung (3) folgt, daß

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{20\, W_1}{\pi e^2 k_1^2 n_1^2}} \quad \text{und} \quad r_2 = \sqrt[3]{\frac{20\, W_2}{\pi e^2 k_2^2 n_2^2}}.$$

Außerdem ist

$$n_1 = \frac{d_1}{m M_1} \quad \text{und} \quad n_2 = \frac{d_2}{m M_2},$$

wo d_1 und d_2 Flüssigkeitsdichten sind, M_1 und M_2 ihre Atomgewichte, m die Masse des Wasserstoffatoms. Setzen wir diese Ausdrücke in die Gleichung (8) ein, so bekommen wir

$$W_{12} = W_1 + W_2 - \frac{1}{3}\left[10\sqrt{W_1 W_2^3 \frac{k_1 d_1 M_2}{k_2 d_2 M_1}} - 5\sqrt{W_2^3\left(\frac{k_1 d_1 M_2}{k_2 d_2 M_1}\right)^3} + \sqrt{\frac{W_2^4}{W_1}\left(\frac{k_1 d_1 M_2}{k_2 d_2 M_1}\right)^5}\right] \quad (9)$$

Dafür, daß diese Gleichung eine größere praktische Geltung erlange, wäre es wünschenswert, die Frage nach ihrer Anwendung in Fällen beliebiger chemischen Verbindungen, nicht nur monoatomiger Flüssigkeiten, aufzuklären.

Der Autor hofft im weiteren diese Frage zu lösen und die hier angedeuteten Sätze eingehender auszuarbeiten.

Bis auf weiteres aber nehmen wir an, daß die Formel (9) auch für mehratomige Stoffe gilt. Um dann aus derselben W_{12} bestimmen zu können, müssen wir k_1 und k_2 kennen; indessen sind die Größen dieser Konstanten für die zusammengesetzten Stoffe unbekannt. Dies Hindernis kann in folgender Weise beseitigt werden. Wenn für irgendein Paar W_{12}, W_1, W_2, d_1, d_2, M_1, M_2 (im Falle der zusammengesetzten Stoffe sind M_1 und M_2 die Molekulargewichte) und eins von den k bekannt sind, dann können wir nach Lösung der Gleichung (9) in bezug auf das unbekannte k dasselbe bestimmen. Als Flüssigkeit mit bekanntem k kann man Quecksilber nehmen, für welches $k = 2$ ist[1]). Nachdem wir auf solche Weise k für zwei beliebige Flüssigkeiten gefunden haben, können wir für dieses Paar auch W_{12} finden.

Die auf solche Weise bis jetzt ausgeführten Berechnungen der Größe W_{12} für mehrere Paare zeigen uns, daß die Gleichung (9) Werte gibt, welche mit den experimentellen Ergebnissen in den Grenzen $\pm$ 35 Proz. übereinstimmen. Diese Nichtübereinstimmung kann dadurch erklärt werden, daß der Ableitung der Gleichung eine Reihe von Annahmen zugrunde gelegt wird, welche in den einzelnen konkreten Fällen sich nicht bewähren.

Ich will an dieser Stelle meinen innigsten Dank dem Professor J. J. Tichanowsky aussprechen, welcher mir diese Frage vorlegte und eine Reihe Anregungen gab.

1) S. Journ. d. Russ. Phys.-Chem. Ges., Phys. Teil, XLIX, 112, 1917.

Simferopol, Pädagogisches Institut, 7. Januar 1928.

(Eingegangen 20. Januar 1928.)

Das elektrische Moment des Wassermoleküls.

Von John Warren Williams[1]).

Das elektrische Moment von H_2O ist zur Zeit noch nicht so genau bekannt, als es wünschenswert wäre für eine Substanz, die so allgemein als Lösungsmittel gebräuchlich ist. Überdies ist das Moment dieses Moleküls von Interesse im Zusammenhange mit denjenigen theoretischen Überlegungen, aus denen wesentlich auf Grund der Polarisationsfähigkeit des O-Atoms auf eine dreieckige Anordnung der Atome geschlossen wurde[2]). Jona[3]) hat in 1919 u. a. den Temperaturkoeffizienten der dielektrischen Konstante von Wasserdampf gemessen und daraus den Wert

$$\mu = 1{,}87 \cdot 10^{-18}$$

für das elektrische Moment abgeleitet. Er gibt selbst an, daß die Genauigkeit seiner Absolutwerte zu wünschen übrig läßt. Smyth[4]) hat in 1924 gewisse Rechnungen ausgeführt auf Grund von Formeln, die von Gans entwickelt wurden und über deren Anwendbarkeit man Zweifel haben darf. Er findet

$$\mu = 1{,}04 \cdot 10^{-18} \text{ bei } 30^0\,\text{C}$$
$$\text{und} \quad \mu = 1{,}98 \cdot 10^{-18} \text{ über } 100^0\,\text{C}.$$

Ich habe nun versucht, die auf Veranlassung von Debye zuerst von Lange[5]) benutzte Methode der verdünnten Lösungen, mit deren Hilfe ich schon eine Reihe von Momenten bestimmt hatte[6]), auch auf den Fall des Wassers anzuwenden. Untersucht wurde eine Lösung von Wasser in Benzol. Da die Löslichkeit sehr klein ist, mußte die Dielektrizitätskonstante besonders genau gemessen werden. Außerdem hängt die zu erreichende Präzision wesentlich von der Genauigkeit ab, mit welcher die Löslichkeit von Wasser in Benzol bestimmt werden kann. Zur Verfügung stehen die Messungen von Groschuff[7]) aus dem Jahre 1911, die in 1919 bestätigt wurden, von Richards, Carver und Schumb[8]). Überdies sind auch die neuesten Messungen von Hill[9]) aus 1923 mit den An-

1) National Research Council Fellow.

2) Born und Heisenberg, Zeitschr. f. Phys. **23**, 388, 1924; Heisenberg, Zeitschr. f. Phys. **26**, 196, 1924; Hund, Zeitschr. f. Phys. **31**, 81, 1924.

3) Jona, Physik. Zeitschr. **20**, 14, 1919.

4) Smyth, Journ. Amer. Chem. Soc. **44**, 2151, 1924.

5) Lange, Zeitschr. f. Phys. **33**, 169, 1925.

6) Eine Zusammenstellung ist gegeben in der Notiz Williams, Physik. Zeitschr. **29**, 174, 1928.

7) Groschuff, Zeitschr. f. Elektrochem. **17**, 348, 1911.

8) Richards, Carver and Schumb, Journ. Amer. Chem. Soc. **41**, 2019, 1919.

9) Hill, Journ. Amer. Chem. Soc. **45**, 1143, 1923.

gaben der früheren Autoren in Übereinstimmung. Hill findet, daß 99,927 g Benzol 0,073 g Wasser lösen bei 25° C. In Molenbrüchen bedeutet das, daß bei dieser Temperatur der Molenbruch von Benzol 0,9970 und der von Wasser 0,0030 ist.

Für die Versuche wurde Benzol besonders gereinigt und getrocknet und dann mit reinem Wasser öfters im Verlaufe mehrerer Stunden geschüttelt bei einer Temperatur zwischen 25° und 30° C. Von Benzol allein, sowie von der Lösung wurde die Dielektrizitätskonstante gemessen in einem Thermostaten, der auf 25° C eingestellt war. Es wurde gefunden:

Dielektrizitätskonstante

von Benzol[1]) $= 2{,}282 \pm 0{,}001$

der Lösung $= 2{,}294 \pm 0{,}001$.

Zur Bestimmung der Molpolarisation P_2 des Wassers wurde die früher loc. cit. verwendete Formel benutzt[2]).

$$P_{1,2} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \frac{f_1 M_1 + f_2 M_2}{d} = f_1 P_1 + f_2 P_2$$

($P_{1,2}$ = Molpolarisation der Lösung
P_1 = „ von Benzol
P_2 = „ des Wassers
f_1 = Molenbruch von Benzol
f_2 = „ des Wassers
M_1 = Molekulargewicht von Benzol
M_2 = „ des Wassers
d = Dichte der Lösung
ε = gemessene Dielektrizitätskonstante).

Diese enthält noch die Dichte der Lösung, die nach der Mischungsregel berechnet wurde. So ergibt sich aus dem gemessenen Werte $d = 0{,}8731$ für reines Benzol der Wert $d = 0{,}8732$ für die Lösung. Ein kleiner Fehler in der Dichte wäre, wie sofort ersichtlich, belanglos. Aus den angegebenen Daten folgt für die Molpolarisation des Wassers

$$P_2 = 64 \pm 4 \text{ cm}^3.$$

Aus dem Brechungsindex von Wasser folgt für die optische Polarisation $P_2'' = 4$ cm³. Die große Differenz $P_2 - P_2''$ zeigt ohne weiteres, daß H_2O ein typisches Dipolmolekül ist. Für die Orientierungspolarisation bleiben $P_2' = 60$ cm³ übrig. Nehmen wir an, daß der Fehler ± 5 cm³ ist, so folgt für das elektrische Moment[1])

$$\mu = (1{,}70 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-18}.$$

Es möge noch bemerkt werden, daß der angegebene Wert beinahe zusammenfällt mit den Werten für die Dipolmomente der niederen Alkohole und des Phenols, alles Substanzen, deren Dissymmetrie durch eine *OH*-Gruppe verursacht wird. Dieses wird belegt durch die folgende Tabelle:

Substanz	Elektrisches Moment
HOH	$1{,}70 \cdot 10^{-18}$
CH_3OH[2]) . .	$1{,}64 \cdot 10^{-18}$
C_2H_5OH[2]) . .	$1{,}63 \cdot 10^{-18}$
C_3H_7OH[2]) . .	$1{,}66 \cdot 10^{-18}$
C_6H_5OH[3]) . .	$1{,}66 \cdot 10^{-18}$

1) Ich betrachte nicht den Absolutwert selbst, sondern die Differenz gegen die Lösung als innerhalb der angegebenen Fehlergrenze gesichert.
2) Debye, Handbuch der Radiologie VI, 597, 1925.

1) Der Methode ist es eigentümlich, daß die angegebene Zahl noch eine Unsicherheit enthält, wegen der nicht ausführbaren Extrapolation der optischen Polarisation bis zu unendlich langen Wellen.
2) Debye, loc. cit.
3) Williams, loc. cit.

Leipzig, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 22. Februar 1928.)

BESPRECHUNGEN.

Handbuch der Experimentalphysik, Band XIV. Herausgegeben von W. Wien und F. Harms. Gr. 8°. I. P. Lenard u. A. Becker: Kathodenstrahlen. 432 S. 131 Abb. II. W. Wien: Kanalstrahlen. 337 S. Mit 352 Abb. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 1927. M. 70.—, geb. M. 72.—.

Das Ziel dieses Handbuches ist „die ausführliche Darstellung der gegenwärtigen Physik auf experimenteller Grundlage"; völlig hiermit im Einklang ist es, daß beide Gebiete des vorliegenden Bandes von denjenigen Forschern behandelt wurden, die sie in den letzten 3 Jahrzehnten am besten gefördert, fast kann man sagen, begründet haben.

I. Der Abschnitt „Kathodenstrahlen" gliedert sich in folgende Kapitel: I. Grundlagen 50 S. — II. Allgemeines; Strahlerzeugungsmittel; Meßkunde 50 S. — III. Geschwindigkeitsverlust 25 S. — IV. Grenzdicke 10 S. — V. Absorption 75 S. — VI. Intensitätsabfall 10 S. — VII. Sekundärstrahlung 70 S. — VIII. Energieverhältnisse 30 S. — IX. Diffusion 80 S. — X. Verhältnis der Ladung zur Masse der Elektronen 35 S.

Das behandelte Gebiet ist eines der schwierigsten der modernen Physik, hauptsächlich weil eine große Anzahl von Fehlerquellen es sehr erschwert, aus den

Versuchsergebnissen eindeutige Schlüsse zu ziehen. Bei dieser Zusammenfassung galt es daher in erster Linie, die zahlreichen experimentellen Arbeiten kritisch zu sichten, galt es, Experimente mit „reinen" Versuchsbedingungen scharf von denen zu scheiden, die mit erheblichen, oft das Meßergebnis verschleiernden Fehlern behaftet sind. Sicherlich ist eine bis ins einzelne gehende objektive Darstellung bei den noch herrschenden Streitfragen kaum möglich; deshalb trägt auch das Werk deutlich in allen Kapiteln den Stempel der Verff.

Zur Behandlung des Stoffes ist zu bemerken, daß ein breiter Raum von den klar und übersichtlich dargestellten älteren, „gesicherten" Ergebnissen ausgefüllt wird, während einige neuere Versuche, die sicherlich vom gegenwärtigen Stande der Physik aus eine eingehendere Diskussion rechtfertigen, sehr kurz behandelt worden sind, weil sie nach der Ansicht der Verfasser noch nicht „genügend gesichert" erscheinen. Z. B. Analyse der durch Elektronenzusammenstoß mit Atomen erzeugten Produkte S. 221 H. A. Smyth (vgl. hierzu S. 585 desselben Handbuchbandes), Richtungsverteilung der reflektierten Elektronen S. 345 C. Davisson und C. H. Kunsman.

Da im XIII. Bande desselben Handbuches die Kapitel „Physik der Glühelektronen, Herstellung der Glühelektroden und technische Elektronenröhren" vorgesehen sind, beschränken sich die Verfasser auf die rein physikalischen Teile des Gebietes „Kathodenstrahlen".

Alles in allem wird das Werk, das durch ein ausführliches Kapitelverzeichnis, Namen- und Sachregister vervollständigt wird, sicherlich demjenigen, der den Rat und das Urteil der als erfahrene Forscher bekannten Verfasser sucht, willkommen sein.

II. In dem zweiten Teile des Bandes behandelt W. Wien das Kapitel „Kanalstrahlen". Es braucht wohl nur auf den Zusammenklang der Worte Kanalstrahlen — W. Wien hingewiesen zu werden, um zu betonen, daß hier das Werk des Fachmannes auf diesem Gebiete vorliegt. Nach den einleitenden Kapiteln folgen in klarer Gliederung: Lichterregung der Kanalstrahlen — Chemische Wirkungen — Zerstäubung — Wärmewirkung der Kanalstrahlen. Das nächste größere Kapitel (70 S.) bringt „die elektrischen Wirkungen der Kanalstrahlen; Ionisation und Absorption" in 27 Unterabschnitten, aus denen nur einzelne Beispiele wie Sekundärstrahlen oder Umladung der Kanalstrahlen herausgegriffen seien. Daran schließt sich „Magnetische und elektrische Ablenkung der Kanalstrahlen" 100 S. Hier baut der Verf. die Versuche von seinen ersten, das Gebiet erschließenden Experimenten an Schritt für Schritt weiter auf bis zum Höhepunkt dieses Kapitels, der Isotopenforschung. Die Kapitel 9—11 (130 S.) bilden den dritten Hauptteil, der das große und wichtige Gebiet „Lichtaussendung der Kanalstrahlen (Dopplerverschiebung, Abklingen des Leuchtens) — Allgemeine Theorie des Leuchtens der Kanalstrahlen — Experimentelle Prüfung der Theorien" zusammenfaßt. Den Schluß bilden 3 kleinere Kapitel mit nur kurz behandelten Spezialfragen, z. B. Polarisation des von Kanalstrahlen ausgehenden Lichtes.

Trotz der Fülle des Stoffes, trotz der vielen Einzelergebnisse, über die zu berichten nötig war, ist die Gliederung so übersichtlich, die Darstellung so klar und flüssig, daß das Werk nicht nur dem Fachmann, der Exaktheit, Einzelheiten oder den Rat des erfahrenen Meisters sucht, sehr willkommen sein wird. Auch ein Laie auf diesem Spezialgebiet wird sich gern von dem Verf. in einzelne Teilgebiete der Physik der Kanalstrahlen einführen lassen.

Die Ausstattung des gesamten Bandes, insbesondere der klare Druck der zahlreichen Figuren ist vorbildlich. Zu bedauern ist, daß beide Teile, Kathodenstrahlen und Kanalstrahlen, in einem Bande zusammengefaßt sind; mancher nur für eines der beiden Forschungsgebiete speziell interessierte Physiker würde sicherlich gerne nur den einen oder den anderen Teil erstehen. M. Rusch.

C. Runge u. H. König, Vorlesungen über numerisches Rechnen. (Die Grundlehren d. math. Wiss. Bd. 11.) 8°. 371 S. Mit 13 Fig. Berlin, J. Springer. 1924. Brosch. M. 16.50, geb. M. 17.50.

Das Buch stellt die Methoden dar, nach welchen ein mathematisches Problem bis zu seinem quantitativen Resultat durchgeführt wird. Es werden die häufigsten Aufgaben aus der rechnerischen Praxis behandelt, nämlich: Auflösung von Gleichungen mit einer und mit mehreren Unbekannten, Ausgleichsrechnung, Rechnen mit ganzen rationalen Funktionen, Kettenbrüche, Rechnen mit unendlichen Reihen, Annäherung willkürlicher Funktionen durch Reihen, numerische Integration und Differentiation, numerische Integration von gewöhnlichen Differentialgleichungen. Die Darstellung erfolgt, wie es in der Natur der Sache liegt, unter den beiden Gesichtspunkten der Genauigkeit der Approximation und der auf die Rechnung zu verwendenden Zeit.

Das Buch ist der Niederschlag großer praktischer Erfahrung verbunden mit mathematischem und physikalischem Feingefühl. Es enthält eine Fülle eleganter Methoden, welche zum Teil auf Originalarbeiten Runges zurückgehen.

Für den Studierenden sowohl als für den praktischen Rechner wird das Buch von größtem Wert sein und kann bestens empfohlen werden.

Druck und Ausstattung sind sehr gut.

Schachenmeier.

C. Eberhardt, Einführung in die theoretische Aerodynamik. Gr. 8°. 138 S. Mit 118 Figuren. München u. Berlin, R. Oldenbourg, 1927. M. 8.—, geb. M. 9.50.

Das Buch enthält eine im ganzen sehr ansprechende Erläuterung der hydrodynamischen Grundbegriffe und Methoden, wie sie für ein Studium der neueren Tragflügeltheorie erforderlich sind. Eulersche Gleichungen, Vektorsätze, Helmholtzsche Wirbeltheorie, konforme Abbildung werden ausführlich behandelt unter vernünftiger Beschränkung auf das Wesentliche. Alle Abschnitte sind mit sehr sauberen Abbildungen versehen. Das Buch wird seinen Zweck als einführendes kurzes Lehrbuch, insbesondere für junge Ingenieure und Physiker, gut erfüllen.

Freilich möchte man wünschen, daß die so wichtigen Reibungswirkungen mehr berücksichtigt würden. So fehlen die Bewegungsgleichungen reibender Flüssigkeiten, die Reynoldssche Zahl wird nicht erwähnt, von Turbulenz, vom Prandtl-Kármánschen Siebtel-Gesetz steht nichts in diesem Buch. Der Studierende wird, wenn er nicht anderweitig Aufklärung findet, die reibungsfreie Hydrodynamik naturgemäß überschätzen.

Störend wirken einige Mängel; z. B. ist stets stationäre Strömung vorausgesetzt; Anfahrtprobleme werden deswegen nicht behandelt, aus diesem Grunde

kommt auch der Begriff der scheinbaren Masse (durch Trägheit des umgebenden Mediums) der für die Luftschiffdynamik und auch für die Tragflügeltheorie von Bedeutung ist, im Buche nicht vor. Die Betrachtungen auf S. 35 sind Mißverständnissen ausgesetzt. In Nr. 8 wird gesagt, daß die Eulerschen Gleichungen im allgemeinen nicht integrierbar wären. Wenn Anfangs- und Randbedingungen richtig vorgegeben sind, ist natürlich stets eine Lösung da. In Nr. 30 kommt der Verfasser zum Schluß, daß die Energie zweier entgegengesetzt gleicher Stabwirbel endlich ist. Das ist aber nur richtig, wenn die Wirbel im Gegensatz zu den Annahmen doch eine endliche Kerndicke haben. J. Ackeret.

C. Störmer, Aus den Tiefen des Weltenraumes bis ins Innere der Atome. Deutsche Ausgabe von Dr. J. Weber. 8°. 195 S. Mit 65 Abb. Leipzig, F. A. Brockhaus 1925. M. 5.–, geb. M. 6.—.

In einzelnen, getrennten Kapiteln sind meist neuere Ergebnisse der Astronomie, Geophysik und Physik zusammengestellt, wobei das ausgewählte Stoffgebiet vor allem die verschiedenen Arten von Strahlungserscheinungen umfaßt. Besonders ausführlich und anziehend ist in Theorie und Beobachtung das eigentliche Forschungsgebiet des Verf., das Nordlicht, behandelt. Freilich ist das Büchlein schon einige Jahre alt (der Übersetzung liegt die zweite norwegische Auflage zugrunde), und so ist es in manchen Einzelheiten, wie z. B. in der Deutung des Nordlichtspektrums, bereits wieder überholt. A. Kopff.

C. L. Charlier, Die Mechanik des Himmels. Vorlesungen. Zwei Bände. Gr. 8°. VIII u. 488, VIII u. 478 S. Mit zahlreichen Figuren. 2. durchgesehene Auflage. Berlin u. Leipzig, W. de Gruyter & Co. 1927. Zusammen M. 54.—, geb. M. 60.—.

Es ist eine auffallende Erscheinung nicht nur der deutschen wissenschaftlichen Literatur, daß zur Zeit die Lehrbücher der Mechanik mit besonderer Berücksichtigung der Störungstheorie nicht von Astronomen, sondern von Physikern geschrieben werden; sie zeigt aber doch, wie sehr die Interessen der Astronomie sich gegenwärtig verschoben haben. Und wenn nun hier wieder — fast gleichzeitig mit der deutschen Übersetzung der 1914 herausgekommenen Einführung von Moulton — das Lehrbuch eines Astronomen erscheint, so ist es doch kein neues Werk, sondern der im ganzen unveränderte Neudruck der ersten Auflage der beiden Bände aus den Jahren 1902 und 1907.

Diese Neuherausgabe ist allerdings durchaus gerechtfertigt. Das Werk von Charlier steht nach Auswahl des Stoffes und nach Art der Darstellung auch heute noch an der Spitze der modernen Lehrbücher der Himmelsmechanik. Der erste Band behandelt vorwiegend die klassischen Probleme der Himmelsmechanik (unter Benutzung verschiedener Arten von Koordinaten), gibt die allgemeinen Prinzipien der Störungstheorie und die Theorie der säkularen Störungen. Der zweite Band beginnt mit einem Kapitel über mechanische Quadratur, geht dann sehr ausführlich auf die periodischen Lösungen ein und schließt mit Untersuchungen über die Konvergenz der Reihen der Himmelsmechanik und einigen spezielleren Problemen, vor allem mit der Darstellung der Integrale des Dreikörperproblems in trigonometrischer Form.

So führt das Lehrbuch von Charlier schon tief in die Probleme der Himmelsmechanik ein. Allerdings wäre es erfreulich gewesen, wenn die zweite Auflage die Untersuchungen der letzten zwanzig Jahre hätte berücksichtigen können, und heute würde man einem Lehrbuch der Himmelsmechanik wohl auch, soweit möglich, eine noch geschlossenere, auf die Transformationstheorie gegründete Form geben. Daß Charlier eine von der sonst gebräuchlichen stark abweichende Bezeichnungsweise wählt, erschwert zuerst das Studium des Buches etwas; aber alles dies sind unerhebliche Mängel gegenüber den Vorzügen des klassischen Werkes. A. Kopff.

K. T. Compton und F. L. Mohler, Ionisierungs- und Anregungsspannungen. Übersetzt von R. Suhrmann. (Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie, Bd. **18**, Heft 6.) Gr. 8°. 148 S. Mit 16 Fig. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1925. Geh. M. 13.50.

Es ist heute wohl kaum noch erforderlich, die Vorzüge dieses Buches zweier Autoritäten des Spezialgebietes besonders hervorzuheben. Es war zur Zeit seines Erscheinens einzigartig und gelangte deshalb sehr rasch auf den Arbeitstisch aller, die mit kritischen Potentialen zu tun haben, erst recht natürlich nach Erscheinen der vorliegenden vortrefflichen Suhrmannschen Übersetzung, die übrigens in dankenswerter Weise Unklarheiten des Originals in Anmerkungen beseitigt. Heute besitzen wir in Franck und Jordans „Anregung von Quantensprüngen durch Stöße" ein neueres Werk gleichen Themas, so daß ein Vergleich nötig wird. Die theoretische Fundierung ist zweifellos in der deutschen Abhandlung gründlicher, was nur z. T. auf dem entwickelteren Stande der Forschung zur Zeit des Erscheinens beruht, auch ist mehr neueres Material berücksichtigt und die Darstellung der vielen Fehlerquellen ausführlicher. Jedoch wird man jeden, der in das Gebiet sich einzuarbeiten wünscht, zunächst auf die vorliegende Arbeit mit ihrer äußerst klaren und einfachen Darstellung der Methoden und der Deutung der Ergebnisse hinweisen. Vielleicht ist bei dem Charakter des Buches der Wunsch nach einer zweiten Auflage nicht unberechtigt. G.-M. Schwab.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. II. Bd. Lehre von der strahlenden Energie (Optik). Erste Hälfte. Unter Mitwirkung von H. Erggelet, Jena; F. Jüttner, Breslau; A. König, Jena; M. v. Rohr, Jena; E. Schrödinger, Zürich, bearbeitet von O. Lummer. Gr. 8°. XVIII u. 928 S. Mit 624 Figuren. 11. Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. A.-G. 1926. M. 50.—, geb. M. 54.—.

Die „Optik" ist als erster der Müller-Pouilletbände in den neunziger Jahren von Lummer aus einem behaglichen Inventarstück unserer Schülerbibliotheken zu einem modernen Lehrbuch umgeschaffen worden, ein Entwicklungsgang, auf dem die übrigen Bände nur nach und nach gefolgt sind oder zu folgen im Begriffe stehen. Die in ihrem ersten Halbbande vorliegende neue Auflage, erst nach Lummers Hingang erschienen, ist die dritte aus seiner Feder; mit Recht schmückt sein geistreicher, charakteristischer Kopf das Titelblatt.

Von den sechzehn Kapiteln des Bandes stammen nicht weniger als zwölf ganz oder zum allergrößten Teile von ihm. Im einzelnen sind in diesen Kapiteln zahlreiche Änderungen, meist Erweiterungen, zu verzeichnen; im großen Ganzen aber ist Inhalt und Form der zehnten Auflage gewahrt geblieben. Kap. 1, Wesen des Lichts, Wandel des Begriffs Äther im Laufe der Zeiten, trägt stark den Stempel seiner auf wissenschaftlich-künstlerische Gesamtschau gerichteten Persönlichkeit: die griechische Lichtlehre wird im Anschluß an W. Königs bekannte Rektoratsrede vermehrt herangezogen, „die Sonne blendet, weil ihre Abbilder aus feurigen Atomen bestehen", Erebos und Nyx vermählen sich, um den lichten Äther zu erzeugen, und dessen Lebensschicksal läuft wie eine spannende Erzählung ab „von seiner Geburt bis zu seinem Grabe" mit der Grabrede: „Erst war er ein gasförmiges Gebilde, dann ein quasielastischer fester Körper, dann der Halt und gleichsam das Gewand von elektromagnetischen Begriffen, um schließlich in ein Nichts zu zerfließen" ... um freilich auch im Schlußparagraphen des Kapitels, drei überaus klaren Seiten aus der Hand F. Jüttners, seine Wiedererstehung auf Grund der allgemeinen Relativitätstheorie zu feiern.

Jüttner hat auch zu Kap. 2, Fortpflanzungsgeschwindigkeit der strahlenden Energie, einen vortrefflichen Beitrag über die Optik bewegter Körper geliefert, einen auch für Jüngere geeigneten Überblick über Aberration, Mitführungskoeffizienten, Michelsonschen Versuch u. ä., auch über die etwas schwierig zugänglichen Theorien von Fresnel, Stokes-Planck, Lorentz, Poincaré, Einstein, de Sitter in ihren historischen und gedanklichen Zusammenhängen.

Die Kapitel 3 bis 10, entsprechend den Kapiteln 2 bis 7 der vorigen Auflage, enthalten wesentlich die Abbildungslehre selbstleuchtender Objekte, nämlich Reflexion und Brechung an ebenen und Kugel-Flächen, prismatische Farbenzerstreuung, Brechungsquotient und Achromasie, Abhängigkeit des Brechungsquotienten vom Zustand der Materie (dieses kurze Kapitel nach Lummers Entwurf von H. Klinkhardt, Assistenten am Euckenschen Institut in Breslau, bearbeitet), Abbildung im Sinne der Wellenlehre, aberrationsfreie spiegelnde und brechende Flächen, kaustische Kurven und Astigmatismus (mit einem Beitrag von M. v. Rohr, Jena), Erweiterung des Abbildungsgebietes bei zentrierten optischen Systemen, dies alles ein Lieblingsgebiet Lummers, das zwischen 9. und 10. Auflage bereits einen Schrumpfungsprozeß durchgemacht hat und ihn trotz der eigenen Note, die es dem Ganzen gibt, vielleicht bei der nächsten Gelegenheit fortsetzen sollte. Kapitel 12, Über die Strahlenbegrenzung und die von ihr abhängige Lichtwirkung optischer Systeme, ist im wesentlichen durchgearbeitetes Altes. Mehr Veränderung haben die Kapitel 14, Interferenz, 15, Beugung, und 16, Abbildungsgesetze nicht selbstleuchtender Objekte, erfahren, wo beispielsweise die Waetzmann-Lummerschen Neigungskurven, die Lichtwelle als Längeneinheit, Gehrckes Interferenzpunkte, P. P. Kochs Methode zur Messung der Intensitätsverteilung in Spektrallinien, die strengere Theorie der Gitterbeugung, ausführlichere Berücksichtigung der Ultramikroskopie und einige aus Lummer-Reiches „Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop" übernommene Abschnitte, die man an dieser Stelle missen könnte, neu erscheinen.

Bleiben die Kapitel 11 und 13, zu denen Lummer Mitarbeiter herangezogen hat. In Kap. 13 behandelt A. König, Jena, die optischen Instrumente, zweckmäßig ausgenützte knappe hundert Seiten. Die „photographischen Objektive" sind ebenso wie die „Projektionsapparate und Scheinwerfer", die „Lupe", das „zusammengesetzte Mikroskop und das Fernrohr", die „Prüfung der Instrumente und die Messung der Grundgrößen" gegen früher meist erfreulich gekürzt; einiges wie die Periskope, die Fernrohre mit Vergrößerungswechsel, das Waetzmannsche Interferenzverfahren zur Prüfung auf Bildfehler sind hinzugekommen. Neu ist der Absatz über die Entfernungsmesser. Alles ist auf den neuesten Stand gebracht.

Das 11. Kapitel schließlich, Das Auge und die Gesichtsempfindungen, schon durch seinen Umfang von rund 170 Seiten unter den übrigen hervorragend, vereinigt drei bemerkenswerte Beiträge: des Jenenser Professors für Augenheilkunde Erggelet kurze und übersichtliche Darstellung des anatomisch-histologischen Baues des Sehorgans mit einigen schönen Bildern aus der medizinischen Literatur, M. v. Rohrs „Physikalisches vom Auge", wo erst das ruhende, dann das bewegte Einzelauge, weiterhin die Brillen und das beidäugige Sehen unter neuesten Gesichtspunkten (Gullstrand!) abgehandelt werden, und E. Schrödingers „Gesichtsempfindungen", die eine besondere Zierde des Bandes bilden, bewundernswert gleichermaßen in der kritischen Sichtung dieses schwierigen Gebiets wie in der glänzenden Darstellung. Die großen Einzelabschnitte behandeln die Gesetze der Lichtmischung im Tagessehen, das Dämmerungs- und indirekte Sehen, das zeitliche und örtliche Übergreifen der direkten Lichtwirkung (also die Nachbilder und Kontrastphänomene), die Schwellenwerte und spezifischen Vergleichungen (Reizschwellen, Intensitäts-, Farben- und Sättigungsunterschiedsschwellen, heterochrome Photometrie u. a.).

Referent hat vielleicht als ehemaliger Angehöriger des Breslauer Kreises unwillkürlich, um mit Goethe zu sprechen, „mit Neigung das Gute, mit Schonung das Bedenkliche dargestellt". Er glaubt aber ganz objektiv aussagen zu können, daß auch die neue „Optik" des Müller-Pouillet wie die alte den ersten Platz unter den Lehrbüchern ähnlichen Umfangs behauptet.

Buchwald.

E. Friederich, Über die Härte anorganischer Verbindungen und die der Elemente. (Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie Bd. 18, Heft 12.) Gr. 8°. 44 S. Mit 4 Fig. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1926. M. 3.60.

Vor einigen Jahren wurde von Reis und Zimmermann (Zeitschr. f. phys. Chem. **102**, 298) einerster Versuch gemacht, nach Zusammenhängen zwischen Härte, Kristallbau und chemischen Eigenschaften der Kristallbausteine zu forschen. In der vorliegenden Schrift wird versucht, bei einigen Gittertypen, den Ionen-, Atom- und Metall-Gittern, die Härte als möglichst allgemeingültige Funktion der Wertigkeits- und Volumverhältnisse auszudrücken. Verglichen werden hauptsächlich die nach Maß bestimmten Härten, obschon diese nur die Reihenfolge der Härten angeben und kein absolutes Maß bilden. Bestimmungen der absoluten Härte sind jedoch bekanntlich sehr mühsam auszuführen; es liegen wenige Angaben

vor, und auch Friederich hat seine zahlreichen Neubestimmungen nach der einfachen Mohsschen Methode ausgeführt.

Es wird nun gezeigt, daß für eine große Zahl von Stoffen mit Ionen- und Atomgittern der Gang der Härten sich durch die Funktion $\frac{\text{Valenz}}{\text{Molekularvolumen}}$ darstellen läßt, besser noch durch die Ausdrücke $\frac{\text{Valenz}^2}{\text{Molekularvolumen}^{2/3}}$ oder $\frac{\text{Valenz}}{\text{Molekularvolumen}^{2/3}}$, die in engem Zusammenhang zum Coulombschen Gesetz stehen. Zwischen Stoffen mit Atom- und solchen mit Ionengittern scheint bemerkenswerterweise kein wesentlicher Unterschied in bezug auf die Härte zu bestehen (vgl. auch V. M. Goldschmidt, Untersuchungen über Bau und Eigenschaften von Kristallen, Det Norske Vid. Akad. Skrifter, Oslo, Mat.-Nat. Kl. 1926, Nr. 8, S. 102 ff.). Körper mit Molekülgittern, Radikalionengittern, sowie Hydrate haben viel niedrigere Härten, als sich nach obigen Funktionen berechnen würde, was sich aus ihrem Aufbau leicht erklären läßt.

Wenn der Verf. nun weiter auch die Metalle in die Betrachtung einbezieht, und aus ihren Härten mit Hilfe der Funktion $\frac{\text{Valenz}^2}{\text{Atomvolumen}^{2/3}}$ die Anzahl der Bindungselektronen und freier Elektronen berechnen will, so ist nach Ansicht des Ref. hier der Sprung doch etwas zu kühn. Verschiedentlich wird zur Durchführung dieser Betrachtungen wohl auch den Tatsachen etwas Zwang angetan. So wird für *Cu*, *Ag*, *Au* mit zwei Valenzelektronen gerechnet (S. 37), warum? Rechnet man 1 Valenzelektron, wie es doch, wenigstens für *Ag* und *Au*, unbedingt erforderlich ist, so würde man bei diesen Metallen keine freien Elektronen erhalten! Daß für C_0 freie Elektronen sich berechnen (S. 39), ist nicht verwunderlich, da dies als Voraussetzung in die Rechnung hineingesteckt wurde. Immerhin sind auch die bei den Metallen gefundenen Beziehungen, insbesondere die Zusammenhänge zu elektrischer Leitfähigkeit und Schmelzpunkten, interessant und regen zu weiteren Forschungen an. H. Wolff.

H. F. Biggs, Wave mechanics, an introductory sketch. 8°. 77 S. Mit 3 Figuren. London, Humphrey Milford, Oxford University Press. 1927. Geb. sh. 4./6.

Dies Buch ist speziell für englische Physiker geschrieben, die sich mit den Grundgedanken der Wellenmechanik von Schrödinger vertraut machen wollen und denen die Lektüre der Originalabhandlungen der Sprache wegen zu mühsam werden würde. Die Darstellung stützt sich im wesentlichen auf de Broglies Arbeit in den Ann. de Phys. **10**, 3, 22, 1925 und auf die vier Schrödingerschen Abhandlungen über „Quantisierung als Eigenwertproblem" in den Ann. der Phys. 1926, **79**, 361; **79**, 489; **80**, 437; **81**, 109. Heisenbergs Matrizenmechanik wird nur gelegentlich erwähnt; die Heliumarbeiten von Heisenberg sind nicht mehr einbezogen worden.

Kapitel I bringt de Broglies Wellenauffassung der Materie, Schrödingers Wellengleichung und ihre Anwendung auf einfache Probleme der Atomphysik. Die Einleitung erwähnt kurz die Schwierigkeiten, welche der alten Quantentheorie im Wege gestanden hatten, besonders das Problem der Intensitätsberechnung von Spektrallinien, zu dessen Lösung erst die Heisenbergsche Theorie einen klaren Vorschlag brachte. Verfasser bekennt, daß ihm die Matrizenmechanik zu wenig anschaulich erscheine — ohne das Verdienst derselben um die moderne Atomlehre auch nur im geringsten schmälern zu wollen — und glaubt, „daß die wichtigsten Fortschritte in Zukunft wie in der Vergangenheit mit Hilfe von Arbeitshypothesen werden gemacht werden können, die auf unseren wohlausgefahrenen Geleisen des Denkens in Raum und Zeit hinlaufen." Es folgt eine Einführung in die Theorie von de Broglie: Das Massenteilchen als Schwingungszentrum, Wellen- und Gruppengeschwindigkeit, Frequenz der Wellen; Bohrs Quantenbedingung für Kreisbahnen läßt sich aus den fortschreitenden Wellen ableiten, wenn man die Eindeutigkeit der Wellenfunktion verlangt. Die Analogie zwischen geometrischer Optik und klassischer Mechanik führt zur Schrödingerschen Wellengleichung als dem Gegenstück der Schwingungsgleichung der Wellenoptik. Dann wird das Wasserstoffproblem kurz behandelt, Schrödingers Deutung der ψ-Funktion gegeben und gezeigt, daß für Kreisbahnen das Gebiet merklicher Ladungsdichte wesentlich mit dem der alten Bahn zusammenfällt. Breiteren Raum nimmt die Darstellung der Intensitätsberechnung und der Beweis der Auswahlregel für das Azimutalquantum ein, letzterer ist noch ein besonderer mathematischer Anhang gewidmet.

Kapitel II soll den beschreibenden Ausführungen des ersten Kapitels eine solidere mechanische Basis geben. Es möge genügen, ein paar Stichworte zu geben: Hamiltons charakteristische Funktion, Fermatsches Prinzip, Wirkungsfunktion. Der Übergang zu den Schrödingerschen Wellen gibt sich dann in bekannter Weise. Einige kurze Bemerkungen über Wentzels Photoeffektarbeit bilden den Schluß.

Bechert.

P. Gruner u. H. Kleinert, Die Dämmerungserscheinungen. (Probleme der kosmischen Physik Bd. 10.) 8°. VII u. 124 S. Mit 30 Fig. im Text, 6 farbigen Tafeln, einem mehrfarbigen Übersichtsblatt und 11 Tab. Hamburg, Henri Grand. 1927. M. 11.—, geb. M. 12.—.

Es fehlte bisher an einer gemeinverständlichen Darstellung des Gesamtgebietes der Dämmerungsforschung. Den Verfassern muß man dankbar sein, daß sie den gelungenen Versuch gemacht haben, diese Lücke auszufüllen. Eine Unsumme von verstreutem Beobachtungsmaterial, unter Voranstellung des schweizerischen, ist da in gedrängter Form systematisch dargestellt, auch im Ausdruck der Schönheit des Gegenstandes angepaßt. Gute Farbentafeln zeigen die wesentlichen Züge der Erscheinungen. Die Tabellen enthalten eine Fülle von Zahlenmaterial zur quantitativen Beschreibung der Vorgänge.

Nach einer Beschreibung des Normalverlaufs der Dämmerung, die dem Leser Anreiz und vorzügliche Anleitung zur eigenen Beobachtung gibt, wird auf die Haupterscheinungen der Dämmerung und ihre Abweichungen und Schwankungen näher eingegangen. Die Besprechung der hierbei wirkenden Einflüsse, besonders der Zusammenhänge in den atmosphärisch-optischen Störungsperioden, und eine elementare Darstellung der Theorie der Dämmerungsfarben schließen sich an. Der breiteste Raum ist dem Purpurlicht gewidmet, seiner räumlichen und zeitlichen Entwickelung, seiner Erklärung. Für die Höhenlage der Störungsschicht, die das Purpurlicht erzeugt, haben Beobachtungen und Theorie leider

noch keine überzeugende Angabe geliefert. Überhaupt fehlt noch sehr der Anschluß der atmosphärischen Optik an die zur Zeit so brennenden Probleme der oberen Atmosphäre. Die Überzeugung, daß diese optischen Erscheinungen uns für Aufbau und Zustand der Atmosphäre wesentliche Aufschlüsse geben werden, kann nicht mehr schwinden, seit Alfred Wegener seinen eindrucksvollen Vorstoß in dieser Richtung machte. Es ist zu erwarten, daß die von dem Gruner-Kleinertschen Buche ausgehenden Anregungen nicht nur zur Förderung der atmosphärischen Optik dienen, sondern auch den anderen aerophysikalischen Arbeitsrichtungen zugute kommen werden. Wigand.

L. Hartmann, Sind Naturgesetze veränderlich? Eine phänomenologische Untersuchung als Beitrag zur Gründlegung der Naturwissenschaften. Gr. 8°. 89 S. Halle, Max Niemeyer. 1926. M. 3.50.

Der Grundgedanke dieser Schrift ist schnell mitgeteilt. Naturgesetz ist der Ausdruck eines empirisch-notwendigen Zusammenhanges in den Dingen selbst. In der Notwendigkeit des Zusammenhanges liegt sinngemäß seine Unveränderlichkeit begründet. Was notwendig ist, ist auch unveränderlich. Eine ganz andere Frage ist, ob die Naturgesetze, die wir kennen, unveränderlich sind. Sie würden es sein, wenn sie endgültige Naturgesetze wären. Aber vermutlich sind sie nur daraus abgeleitete Zusammenhänge und als solche veränderlich. Um diesen Grundgedanken herum gruppiert sich dann noch zur Begründung und Vertiefung eine Reihe von Untersuchungen über Wirklichkeit, Notwendigkeit, Möglichkeit, Erfahrung, Induktion, Kausalität u. a. Über den Grundgedanken selbst kann man streiten. Mir scheint die schwache Stelle darin zu liegen, daß der Verf. die Unterscheidung zwischen empirischer und echter Notwendigkeit nur den Weg oder die Sicherheit der Erkenntnis betreffen läßt, nicht die Art der Notwendigkeit selber (S. 43), daß also, anders ausgedrückt, alle echte Notwendigkeit von demselben Typus ist. Ich glaube, daß sich aus der wesentlich verschiedenen Struktur von Gegenstandsgebieten auch der wesentlich verschiedene Typ der in ihnen bestehenden Notwendigkeit folgern läßt. Dann könnte man nicht ohne weiteres mehr von einem notwendigen Zusammenhang zwischen Notwendigkeit und Unveränderlichkeit sprechen. Indes soll dieses Bedenken nicht abhalten, die Schrift jedem Physiker zu empfehlen. Es steckt echte Philosophie darin, nicht solche Scheinphilosophie, wie sie leider dem Physiker in dem letzten Jahrzehnt so oft geradezu aufgedrängt wird. Er kann daraus ersehen, daß an Dinge, die er mit Recht in seinen Bereich zieht, auch noch eine ganz andere Art von Fragen gestellt werden müssen, als er sie stellt. Aloys Müller.

E. T. Whittaker, Einführung in die Theorie der optischen Instrumente. Nach der 2. Aufl. übersetzt von A. Hay. 8°. VI u. 104 S. Mit 43 Fig. Leipzig, J. A. Barth. 1926. M. 6.—.

In gedrängter Kürze behandelt das Buch die Grundlagen der geometrischen Optik und ihre Anwendung beim Bau der optischen Instrumente. Das erste Kapitel, „Bildlage und Bildgröße" benannt, führt zunächst in die Gesetze der idealen geometrisch-optischen Abbildung ein, gibt dann eine Erklärung des Astigmatismus schiefer Büschel auf Grund der für die trigonometrische Durchrechnung dienenden Formeln und erläutert endlich die Wirkungen der Apertur- und Gesichtsfeldblenden und den Begriff der Vergrößerung bei den verschiedenartigen Instrumenten. Im zweiten Kapitel werden die Bildfehler Astigmatismus, sphärische Aberration, Koma, Sinusbedingung, Bildfeldwölbung, Verzeichnung und Farbenfehler in analytischer Form nach den Arbeiten von Abbe, Clausius, Helmholtz, Herschel, Petzval und Seidel dargestellt, woran sich die Behandlung des Auflösungsvermögens des Fernrohrobjektivs und des Spektroskops anschließt. Den Schluß des Buches bildet im 3. Kapitel ein „Kurzer Abriß über die wichtigsten optischen Instrumente", der aber im Hinblick auf die vorhergehenden Abschnitte und auf den Titel des Buches etwas zu knapp gehalten ist. Infolgedessen stellt das vorliegende Buch mehr einen Abriß der Theorie der geometrisch-optischen Abbildung dar als eine Einführung in die Instrumentenkunde; zur Orientierung über die theoretischen Belange der optischen Abbildungslehre ist das Buch sehr geeignet, da es trotz starker Zusammenfassung doch weitgehend über alle wesentlichen Gesetze berichtet. Die Anwendung der Theorie auf den Bau und die Wirkungsweise der optischen Instrumente findet sich eingehender in den einschlägigen Werken deutscher Autoren. Klughardt.

W. Schwinning u. K. Matthaes, Die Bedeutung der Kerbschlagprobe. 4°. 13 Seiten mit 45 Abb. Deutscher Verband für die Materialprüfung der Technik, Nr. 78.

Da bei Gewaltbrüchen die Formänderungsfähigkeit des Werkstoffs maßgebend ist, muß sich das Prüfverfahren diesen Bedingungen anpassen. Dafür ist nun der gewöhnliche Zerreißversuch nicht geeignet, sondern nur die Kerbschlagprobe, da sie zeigt, ob ein Werkstoff unter bestimmten Versuchsbedingungen zum vorzeitigen Trennungsbruch neigt. Zur Erfassung der Vorgänge, die den Übergang vom Verfestigungs- zum Trennungsbruch bestimmen, wurden Versuche an verschiedenen Stählen bei verschiedenen Temperaturen und Kerbformen zwecks Aufstellung des Diagramms: Biegekraft — Durchbiegung unter Aufnahme des Weg-Zeit-Schaubildes der Hammerbewegungen angestellt. Sie zeigten, daß die Neigung zum vorzeitigen Trennungsbruch durch höhere Formänderungsgeschwindigkeit, stärkere Kerbwirkung und Erniedrigung der Temperatur begünstigt wird. Gerade aus diesen Gründen empfiehlt sich auch der versuchstechnisch leicht durchzuführende Kerbbiegeschlagsversuch. Die Neigung zum Trennungsbruch läßt sich entweder durch Bestimmung des Grades der Kerbwirkung oder der kritischen Temperatur, die ihn unter sonst gleich bleibenden Bedingungen herbeiführt, bestimmen. Damit die erhaltenen Zahlenwerte vergleichbar sind, müssen die Proben gleiche Kerbenform und gleichen Querschnitt erhalten, weshalb die Normung der Proben notwendig wäre. Empfohlen wird hierfür der vom Verband für die Materialprüfungen der Technik vorgeschlagene Dreieckskerb mit schwacher Abrundung im Grunde, der sich auch leicht genau herstellen läßt. Bei diesem trat der typische Einfluß der Kerbwirkung am besten hervor. Berndt.

R. Briske, Die Erdbebensicherheit von Bauwerken. Gr. 4°. 32 S. Mit 80 Fig. Berlin, W. Ernst & Sohn. 1927. M. 5.—.

Die vorliegende Schrift, die einen erweiterten Sonderabdruck aus der Zeitschrift „Die Bautechnik"

bildet, ist zwar zunächst für den Baufachmann bestimmt; sie bietet aber auch dem Physiker und dem Geophysiker viel Bemerkenswertes. Die Arbeit ist in Japan entstanden und fußt auf den Erfahrungen am großen Erdbeben vom 1. September 1923, der weitaus verheerendsten Katastrophe aus geschichtlicher Zeit. An Hand der seismologischen Tatsachen räumt der Verfasser mit dem noch vielverbreiteten Vorurteil auf, als ob Erdbeben eine höhere Gewalt sei, welcher der Baumeister ziemlich hilflos gegenüberstehe, und zeigt an sorgfältigen und vorsichtigen Berechnungen, daß gerade die genaue Kenntnis der seismologischen Erscheinungen uns schon heute instand setzt, ohne übermäßigen Aufwand erdbebensicher zu bauen. Die beigegebenen Abbildungen aus dem japanischen Erdbebengebiet werden auch auf den Nichtfachmann Eindruck machen.

R. Grammel.

P. Luckey, Nomographie, praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln. 2. Aufl. (Mathematisch-physikalische Bibliothek Bd. 59/60.) Klein 8°. 108 S. Mit 57 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner. 1927. Kartoniert M. 2.40.

Die Nomographie teilt mit der Vektorrechnung das Schicksal, daß sie von denen, die sie nicht kennen, zumeist nicht ganz ernstgenommen wird. Dieses Büchlein, das einen vollständigen Lehrgang der Nomographie bringt, wird mit seiner anspruchslosen und darum sehr ansprechenden Form viel dazu beitragen, jenes Vorurteil allmählich zu beseitigen. Die geschickt gewählten Beispiele aus Physik und Technik müssen auch den verstocktesten Leser, wenn er nur erst einmal das Büchlein in die Hand nimmt, von der großen Fruchtbarkeit der nomographischen Methoden überzeugen und ihm klar zeigen, wie schwerfällig er arbeitet, wenn er sich bei seinen graphischen Darstellungen immer nur auf das alte Abc beschränkt und ahnungslos an den eleganten Möglichkeiten vorübergeht, die ihm die Nomographie bereithält. Die übersichtliche Zusammenstellung aller Schlüsselgleichungen am Schlusse des Büchleins setzt jeden Leser, auch wenn er noch keinen Überblick über die Gesamtheit der nomographischen Methoden hat, instand, für jeden ihm begegnenden Einzelfall rasch und sicher die rationellste Nomogrammform zu finden.

R. Grammel.

A. Speiser, Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung. 2. Auflage. 8°. IX und 251 S. Mit 38 Textabbildungen. Berlin, J. Springer. 1927. M. 15.—, geb. M. 16.50.

Die Tatsache, daß das vorliegende Buch jetzt schon in zweiter Auflage erscheint, ist ein Beweis für das Interesse, welche dieses bei den Mathematikern gefunden hat. Es erübrigt sich hier auf die Bedeutung des Buches für die reine Mathematik einzugehen. Für den Physiker ist von Interesse, daß in der neuen Auflage das für ihn wichtige Kapitel über Kristallklassen jetzt besonders leicht zugänglich gemacht ist durch eine ausführliche Diskussion der ebenen Gitter bzw. der Ebenensymmetrien. Der Verfasser fand die überraschende Tatsache, daß die hier einschlägigen Probleme schon von den Ägyptern in ihrer Ornamentik gelöst worden sind, was in der Einleitung zum Buche näher ausgeführt wird. So wird denn auch der Physiker in dem Buch nicht nur Anregendes, sondern auch für ihn Wichtiges finden.

Hilb.

H. Guthmann, Physikalische Grundlagen der Lichttherapie. Gr. 8°. VIII u. 216 S. Mit 178 Figuren und 1 farbigen Tafel. Berlin, Urban & Schwarzenberg. 1927. M. 12.—, geb. M. 14.—.

In diesem zehnten Sonderbande der Strahlentherapie liegen die Ergebnisse langjähriger Arbeit des Verfassers vor und sind wohl dazu geeignet, einem Desideratum der medizinischen Physik gerecht zu werden. Zur Darstellung gelangen die benutzten Meßmethoden, die Ausbreitung des Lichtes bei den praktisch gebräuchlichen Lichtquellen (Metallfaden- und Quarzquecksilberdampflampe), die Beeinflussung der Oberflächendosis durch die Form der Belichtungsobjekte, die Reflexion des Lichtes an der Hautoberfläche, das Verhalten des Lichtes in optisch trüben Medien, die spektralen Absorptionsverhältnisse in Körperbaustoffen, die Tiefenwirkung des Lichtes am lebenden Organismus und einiges über die Abhängigkeit des Hauterythems von der Wellenlänge des auffallenden Lichtes.

Für den Physiker ist diese in sich zusammenhängende Arbeit insofern wertvoll, als sie Gelegenheit bietet, sich außerordentlich eingehend und gut über die Probleme der Lichttherapie in physikalischer Hinsicht zu informieren. Mancherlei Anregung ist in dem mit guten Abbildungen und Kurven reichlich versehenen Buche zu finden. Angaben über die berücksichtigte Literatur fehlen leider vollständig.

E. Albrecht.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1928.

Universität Basel. **Hagenbach:** Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8, für Mediziner und Ärzte, 2; Das physikalische Weltbild, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Matthies:** Strahlungs- und Quantentheorie, 5, Übungen, 1; Mathematisch-physikalisches Seminar, 1; Kinetische Gastheorie, 2. — **Veillon:** Handfertigkeitspraktikum (mit Zickendraht), 2; Radioaktivität und Atombau, 1. — **Zickendraht:** Magnetismus und technische Anwendungen, 2; Elektrische Meßinstrumente, 1. — **Zehnder:** Geschichte der Physik, neuere Zeit, 1; Elektrotechnik, Schwachstrom ohne Radio, 1. — **Bürki:** Photographische Chemie, 1; Photographisch-chemisches Praktikum, für Anfänger und Vorgerücktere, 3. — **Erlenmeyer:** Gasanalyse, 1, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Berlin. **Hertz:** Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4; Ausgewählte physikalische Übungen für Vorgeschrittene, 8. — **Kock:** Physikalische Übungen, 8; Oszillographen und Kurvenzeichner, 2; Drahtlose Telegraphie und Telephonie I und II, 4; Radiotelegraphisches Kolloquium: Besprechung neuer Arbeiten, Stationsbetrieb usw., 14tägig, nach Verabredung *g*; Radiotelegraphisches Laboratorium, 12; Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie und Hochfrequenztechnik, 2. — **Krigar-Menzel:** Allgemeine Mechanik II: Elastizität und Hydrodynamik, 4; Kinetische Gastheorie, 2. — **Becker:** Neuere Probleme der Quantentheorie, 2; Methoden der theoretischen Physik, 5; — **Schachenmeier:** Ausgewählte Probleme aus der theoretischen Physik, 1. — **Cranz:** Ausgewählte Kapitel aus der technischen Physik, 1³/₄; Übungen zur technischen Physik, 4. — **Angenheister:** Ein-

führung in die Geophysik II, 2; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung. — **Kassner:** Verteilung der Niederschläge auf der Erde nach Ursache, Menge und Häufigkeit, 1. — **Korn:** Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität, 1; Potentialtheorie, 2. — **Leithäuser:** Messungen an Elektronenröhren und -sendern, 1. — **Luyken:** Erdmagnetismus, 1. — **Engl:** Dynamik der Flüssigkeiten und Gase, 2; Technik der Röntgenstrahlen, 1. — **Pirani:** Einführung in die theoretische Behandlung chemischer und physikalischer Probleme mit besonderer Berücksichtigung graphischer Methoden I, 2, Übungen, 1. — **Gehlhoff:** Photometrie, 1. — **Weidert:** Geometrische Optik, 2; Seminar für Optisches Rechnen, 2; Optische Instrumentenkunde, 2; Übungen im Gebrauch optischer Instrumente, 2 oder 4. — **H. R. Schulz:** Polarisationsapparate und Refraktometer, 1. — **Seegert:** Handfernrohre und bildaufrichtende Prismensysteme, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Spektroskopie, 2. — **Richter:** Entwerfen von Linsen- und Prismenanordnungen, 1. — **Breisig:** Theorie der Anlaufvorgänge nach Heaviside, 2. — **Wagner:** Die theoretischen Probleme der elektrischen Nachrichtentechnik II, 2. —

Universität Bern. **Greinacher:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5, Ergänzungen, 1; Physikalische Optik, 1; Repetitorium der Physik, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Gruner), nach Verabredung, *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 3 halbe Tage; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Gruner:** Thermodynamik, 4; Relativitätstheorie, 2; Seminar für theoretische Physik, 2. — **Koestler:** Anwendung der Mathematik auf Physik und Chemie, Statistische Methoden (Fortsetzung), 1—2; Anwendung der Mathematik auf Biologie, 1—2; Das elektrische Feld und seine Anwendungen, 1—2; Die Methode der virtuellen Verrückungen zur Berechnung statisch unbestimmter Systeme, 1. —

Universität Bonn. **Konen:** Experimentelle Elektrizitätslehre, 3; Experimentelle Optik, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 9, für Fortgeschrittene, tägl.; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Pflüger, Eversheim, Grebe und Mecke), 2. — **Pflüger:** Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1. — **Eversheim:** Die Entwicklung der Kraftmaschine von der Dampfmaschine bis zum Flugzeugmotor, 2; Physikalische Technologie, 2; Physikalische Übungen für Anfänger (mit Mecke), 3. — **Grebe:** Physik der Röntgenstrahlen, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Mecke:** Hydrodynamik und Elektrizitätstheorie, 3; Einführung in das physikalische Praktikum für Anfänger, 1. —

Technische Hochschule Braunschweig. **Diesselhorst:** Experimentalphysik II: Experimentelle Dynamik und Hydrodynamik, 2, III: Wärme, Mol.-Phys., Optik, 2; Ausgewählte Abschnitte aus der theoretischen Physik, 1; Vektorrechnung, mit Anwendungen, insbesondere aus der Mechanik, 2; Physikalisches Praktikum I und II; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Bergwitz:** Radioaktivität mit Anwendungen, mit Versuchen, 2; Physik der Röntgenstrahlen, 1; Elektronisch-radiologisches Praktikum, 1 Nachmittag. —

Universität Breslau. **Schaefer:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Senftleben, Bartels und Bergmann), 3 oder 6, für Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3, für Fortgeschrittene (mit Steubing, Senftleben, Bartels, Bergmann), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Reiche, Steubing und Waetzmann), 2. — **Reiche:** Theoretische Optik, 5, Seminar, 1 *g*. — **Steubing:** Photographie für Fortgeschrittene, 1; Vakuumtechnik, 1; Seminaristisch-didaktische Übungen, 2; Photographische Übungen, 3. — **Jüttner:** Spezielle Relativitätstheorie, 2. — **Bartels:** Mechanik der Kontinua: Elastizitätstheorie, 3. — **Bergmann:** Hochfrequenzmeßtechnik, 1; Hochfrequenzpraktikum, 2 *g*. — **Senftleben:** Kinetische Theorie der Gase, 2. —

Technische Hochschule Breslau. **Waetzmann:** Experimentalphysik II, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3; Physikalisches Zwischenpraktikum, 6; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Schaefer), 2; Physikalisches Seminar, nach Verabredung; Kolloquium über technisch-physikalische Fragen (mit Noether), nach Verabredung. — **Schaefer:** Experimentalphysik II, nach Verabredung. — **N. N.:** Aerostatik, nach Verabredung; Die Entwicklung der Luftfahrt, nach Verabredung. —

Technische Hochschule Brünn. **Lohr:** Allgemeine und technische Physik: Geometrische Optik, Wärmelehre, Akustik, 3½; Physikalisches Praktikum, 3 und 2. — **Schoklitsch:** Meteorologie und Klimatologie, 3. —

Bergakademie Clausthal. **Valentiner:** Experimentalphysik II: Wärme und Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 3; Physik im Bergbau, 1; Kolloquium (mit Birckenbach), 2 *g*. — **Rössiger:** Geophysikalische Meßmethoden, 1; Geophysikalisches Praktikum, 2. —

Technische Hochschule Danzig. **Ramsauer:** Experimentalphysik II, 5, Ergänzungen, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 7½; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene I (mit Buchwald), halbtägig, II, tägl.; Demonstrationspraktikum (mit Wolf), 8; Physikalisches Kolloquium (mit Buchwald), 1 *g*. — **Buchwald:** Theorie des Lichts, 4; Übungen, 2 *g*. — **Kalähne:** Einführung in die Radio- und Elektrophysik, 1; Photographie und Reproduktionsverfahren, 1; Ausgewählte Kapitel der Spektroskopie, 2; Übungen in Photographie und Reproduktionsverfahren I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittene, tägl.; Großes radio- und photophysikalisches Praktikum, tägl.; Radio-Praktikum I und II, 4. — **Koschmieder:** Dynamische Meteorologie, 3; Luftelektrizität, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Wolf:** Einführung in das kleine physikalische Praktikum, 1, Ergänzungen über praktisches Rechnen, nach Verabredung, *g*. — **Brüche:** Ausgewählte Kapitel aus der Radiologie, 1. —

Technische Hochschule Darmstadt. **Rau:** Experimentalphysik unter besonderer Berücksichtigung der technischen Anwendungen: Elektrostatik, Elektromagnetismus, Strahlungserscheinungen, Atomphysik, 5; Physikalische Übungen, 3 Nachmittage, für Fortgeschrittene, 4 halbe Tage; Ausgewählte Kapitel aus der Physik, 1; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik, nach Verabredung; Physikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Zeissig:** Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, 3; Physikalische Meßkunde und Apparatebau, 2; Kolloquium in technischer Physik (mit Reutlinger), 1; Arbeiten aus

der technischen Physik, nach Verabredung. — **Baerwald:** Elektromagnetische Lichttheorie und Optik, 4. — **Knipping:** Physikalisches Seminar für Fortgeschrittene, 2. — **Georgii:** Allgemeine Flugmeteorologie, 2; Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Physik der freien Atmosphäre, 1; Meteorologisch-aerologisches Praktikum, Meßflüge, 3. — **Limmer:** Photographische Übungen A, für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, 6, B, 3; Photographische Chemie und Chemikalienkunde, 1; Ausgewählte Kapitel aus dem Gesamtgebiete des Lichtbildwesens, 2; Photographische Ausflüge, 3; Farbenphotographie, verbunden mit praktischen Übungen, 1. —

Universität Erlangen. Gudden: Experimentalphysik I, 5; Besprechung physikalischer Tagesfragen (mit Reiger), 1 *g*; Anfängerübungen, 4, Übungen für Fortgeschrittene, 20; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Reiger:** Theoretische Physik: Wärme, 4; Elektrotechnische Übungen, 3; Wissenschaftliche Arbeiten, 40. — **Rump:** Physik der Röntgenstrahlen, 1. — **N. N.:** Experimentalphysik III, 2. —

Universität Frankfurt a. M. Wachsmuth: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Elektrizitätsleitung in Gasen, 1; Repetitorium der Experimentalphysik II, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 6, für Fortgeschrittene: Physikalisches Seminar, tägl., für Mediziner, 2; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit Meißner), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Meißner und Madelung), 14tägig, 2. — **Madelung:** Mechanik der Kontinua, 4, Übungen, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Meißner:** Höhere Experimentalphysik III: Optik, 3, Übungen, 1; Der photoelektrische Effekt, mit Experimenten, 1. — **Seddig:** Photographisches Praktikum, 8; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie, tägl.; Projektionsübungen und Übungen im Anstellen von Vorlesungsversuchen, 3; Wissenschaftliche Photographie, 3. — **Déguisne:** Elektrische Wechselströme, 3; Drahtlose Telegraphie und Telephonie, 1; Seminar für Fortgeschrittene, 1; Kleines elektrotechnisches Praktikum, 3 oder 6; Großes elektrotechnisches Praktikum, 6 halbe Tage; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Kolloquium über angewandte Physik (mit Dessauer), 2. — **Dessauer:** Bau und Betrieb von Röntgenapparaten, $1^1/_2$; Physikalische Dosimetrie der Röntgenstrahlen, 1; Medizinische Optik: Mikroskope, endoskopische Instrumente, Thermo- und Lumineszenzstrahlung und ihre therapeutische Anwendung, 1; Kolloquium für medizinische Physik: Lektüre und Besprechung neuerer Arbeiten und Probleme des Gebietes, 2; Wissenschaftliche Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Linke:** Sonnen- und Himmelsstrahlung, 2; Probleme der Bioklimatologie, 1; Meteorologische Übungen für Anfänger (mit Stüve), 1 Nachmittag; Seminar für theoretische Meteorologie (mit Stüve), nach Verabredung. — **Gutenberg:** Ozeanographie, 1; Geophysikalische Übungen für Fortgeschrittene, 2. — **Stüve:** Synoptische Meteorologie, 2; Meteorologische Instrumente und Beobachtungen, 1. —

Bergakademie Freiberg. Brion: Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 2; Experimentalphysik, 4; Physikalisches Praktikum, 2; Elektrisches Kolloquium, nach Verabredung. — **Witte:** Radioaktives Praktikum, 3. —

Universität Freiburg i. Br. Mie: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Mathematische Ergänzungen, 2; Physikalische Übungen, 6, für Fortgeschrittene (mit Kast), 12; Kleines physikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium (mit v. Hevesy), 2 *g*. — **Koenigsberger:** Mathematische Physik: Elektromagnetismus, mit Übungen, 4; Elemente der Quantentheorie, 1 *g*; Übungen aus der angewandten Geophysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cohn:** Mechanik der deformierbaren Körper, 3. — **Hammer:** Praktische Röntgenkunde für Mediziner, 1; Elektrizität in Gasen: Elektrische Entladungen, Kathodenstrahlen usw., 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus dem Gebiet der Radiologie, tägl. — **Lyon:** Photographische Meßmethoden, 1. — **Kast:** Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie, 3. —

Universität Freiburg (Schweiz). Joye: Experimentalphysik, 5; Mathematische Physik: Elektrizität, 2; Physikalische Ergänzungen, 2; Repetitorium, 1; Physikalisches Laboratorium für Anfänger, 12; Praktische physikalische Übungen, 2; Physikalisches Laboratorium für Fortgeschrittene, jeden Nachmittag, außer Montag; Untersuchungsarbeiten, tägl. —

Universität Gießen. König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Großpraktikum: Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten (mit Cermak), tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Anfänger-Praktikum (mit Cermak), 6; Physikalisches Praktikum (mit Cermak), 3; Übungen in Demonstrationsversuchen und Behandlung einfacher theoretischer Hausaufgaben (mit Cermak), 14tägig, 2 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Jaffé und Cermak), 14tägig, 2. — **Jaffé:** Maxwellsche Theorie, 4; Neuere Arbeiten über theoretische Physik, 1; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Fromme:** Synoptische Meteorologie: Das Wetter, 4. — **Cermak:** Höhere Experimentalphysik: Röntgenstrahlen und γ-Strahlen, 1; Handfertigkeitspraktikum, 3; Elektrotechnische Übungen (mit Uller), 2. — **Uller:** Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl. —

Universität Göttingen. Franck: Quantensprünge und chemische Bindung, 1; Physikalisches Praktikum, 4 und 7; Physikalisches Seminar (mit Born), 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Born), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Born, Pohl und Reich), 2. — **Born:** Kinetische Theorie der Materie, 4, Übungen, 1; Seminar über Struktur der Materie (mit Hilbert), nach Verabredung. — **Pohl:** Experimentalphysik I: Mechanik, Schwingungslehre, Wärme, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Hertz:** Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, 1. — **Oldenberg:** Röntgenspektroskopie, 1. — **Rupp:** Physik der Molekularkräfte, mit Experimenten, 1. — **Frl. Sponer:** Das periodische System im Lichte moderner Forschung, 1. — **Sommer:** Spektroskopie und Atombau, 1. — **Jordan:** Ergebnisse und Aufgaben der Quanten-Elektrodynamik, 2. — **Reich:** Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Elektrizität, mit Experimenten, 2; Elektrophysikalisches Praktikum, 3; Seminar über angewandte Elektrizität, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Prandtl:** Einführung in die Thermodynamik, besonders technische Thermodynamik, 4; Festigkeitspraktikum (mit Lode), 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Mechanik, tägl.; Kolloquium über Fragen der angewandten Mechanik (mit Betz und Schuler), 14tägig, 2 *g*. — **Betz:**

Hydraulik, 1; Denk- und Rechenübungen zur Mechanik, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik, tägl. — **Schuler:** Anwendung der Kreiselgesetze in Astronomie, Physik und Technik, 2; Übungen zur Anwendung der Mechanikgesetze, 2. —

Technische Hochschule Graz. Kohlrausch: Physik III: Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 6. —

Universität Halle. N. N.: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Elektrische Schwingungen und Wellen, 1; Physikalisches Praktikum, 6, 3 und 2; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **N. N.:** Theoretische Physik I, 4; Übungspraktikum für angewandte Physik, 6; Technisch-wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Hanle:** Die Bohrsche Atomtheorie, 1; Grenzgebiete zwischen Physik und Chemie, 1; Physikalisches Proseminar, 2 *g*. — **Bernstein:** Industrie und Technik in der Gegenwart, 2 *g*. —

Universität Hamburg. Koch: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Goos, Müller und Minkowski), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, ganztägig; Physikalisches Kolloquium (mit Lenz, Möller und Stern), 2. — **Lenz:** Elektrodynamik, 4, Übungen, 2; Ergänzungen zur Mechanik: Kreisel, Flug u. a., 1; Theoretisch-physikalisches Vortragsseminar (mit Stern), 2. — **Minkowski:** Das Atom, 2. — **Goos:** Spektroskopie II, 1. — **Jensen:** Die verschiedenen atmosphärisch-elektrischen Entladungsformen, 1; Die anomale Schallausbreitung in der Atmosphäre, 1. — **Schott:** Geophysikalisches Kolloquium (mit Tams und Kuhlbrodt), 14tägig, $1^1/_2$ *g*. — **Tams:** Die geophysikalischen Grundlagen der Entwicklung des Erdantlitzes, 2; Seismische Übungen, 2. — **Kuhlbrodt:** Wetter und Wettervorhersage: Synoptische Meteorologie, 2. — **Gordon:** Vektor- und Tensorrechnung mit Anwendungen, 2. — **Estermann:** Physikalisches Proseminar (mit Minkowski), 2; Radioaktivität II, 2. — **Müller:** Anleitung zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen, 2. — **Salzmann:** Übungen im Glasblasen, 2. — **Levi-Civita:** Kanonische Gleichungen der Mechanik, 3 Vorträge. — **Möller:** Drahtlose Telegraphie mit Demonstrationen, 2, Übungen, 1; Maschinenlehre II: Elektrische Maschinen, 1; Seminar über technische Mechanik, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Elektrotechnisches Praktikum, 5. —

Technische Hochschule Hannover. Precht: Experimentalphysik, 4, Physikalisches Praktikum, 4; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Fortgeschrittene, ganz- und halbtägig; Physikalisches Kolloquium (mit Herweg), 2. — **Herweg:** Theorie der Elektrizität und des Magnetismus II, 2, Übungen 1; Drahtlose Telegraphie und Telephonie II, 2; Hochfrequenzpraktikum für Fortgeschrittene, 2. —

Universität Heidelberg. Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker und Schmidt), 6; Physikalisches Seminar und theoretisch-physikalische Übungen (mit Becker), 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten im Physikalischen und Radiologischen Institut (mit Becker und Schmidt), tägl. außer Sonnabend. — **Becker:** Theoretische Optik, 4; Schwingungsprobleme, 1. — **Schmidt:** Radiologie: Phosphoreszenz und Fluoreszenz, 2. —

Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim. Wigand: Experimentalphysik einschließlich Meteorologie und Klimatologie II, 4; Physikalische Übungen, 2; Physikalische und meteorologische Arbeiten für Vorgeschrittene, *g*. —

Universität Innsbruck. Lerch: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, 10 *g*. — **Hammerl:** Elektrische Energieverteilung, 2. — **March:** Mechanik deformierbarer Körper, 5; Seminarübungen, 2 *g*. — **Wagner:** Meteorologische Optik und Sonnenstrahlung, 3; Erdmagnetismus, 2; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, 10 *g*. — **Oberguggenberger:** Behandlung moderner Fragen der Astrophysik, 1. —

Universität Jena. Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum (mit v. Angerer), 4 und 3, für Fortgeschrittene, mit Seminar (mit Joos und v. Angerer), 10; Leitung physikalischer Spezialaufgaben (mit Auerbach, Straubel, Joos, v. Angerer und Busch), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Esau und Joos), 2 *g*. — **v. Angerer:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Mechanik, 2. — **Auerbach:** Geometrische Optik und Theorie der optischen Instrumente, 3; Die graphische Darstellung, 1. — **Joos:** Theorie des Lichts, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar: Übungen, 1; Relativitätstheorie, 2; Vortragsseminar für höhere Semester, 1 *g*. — **Bauersfeld:** Beleuchtungstechnik, 1. — **Esau:** Theorie und Anwendung der Elektronenröhre, 2; Technische Thermodynamik, 2; Kraftmaschinen für Landwirte, 1; Technisch-physikalisches Praktikum, 3; Großes technisch-physikalisches Praktikum, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, nach Verabredung *g*. — **N. N.:** Einführung in die Theorie des Mikroskops, mit Übungen, 2; Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, $1^1/_2$. — **Siedentopf:** Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, mit Übungen, 1. — **Köhler:** Mikrophotographie, 1. — **Hecker:** Praktische geophysikalische Übungen, nach Verabredung. — **Sieberg:** Kräfte des Erdkörpers II, 1. —

Universität Kiel. Geiger: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Besprechung neuerer physikalischer Fragen, für Doktoranden, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Zahn), für Vorgeschrittene, 8; Forschungsarbeiten (mit Kossel), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kossel und Zahn), $1^1/_2$ *g*. — **Kossel:** Mechanik, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Fragen der theoretischen Physik, für Vorgeschrittene, 1 *g*. — **Zahn:** Ergänzungen zur Experimentalphysik: Vorführung und Besprechung ausgewählter Versuche, 2. — **Martienssen:** Mechanische und elektrische Schwingungen und ihre technischen Anwendungen, 2. — **Hans Schmidt:** Anleitung zu physikalischen Schülerübungen, 1. —

Universität Köln. Rinkel: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, 28. — **Försterling:** Optik, 4; Wissenschaftliche Arbeiten für theoretische Physik, tägl.; Kolloquium über neuere physikalische Arbeiten (mit Rukop), 2 *g*. — **Rukop:** Vakuumtechnik, Gasentladungen und deren praktische Anwendungen, 3; Drahtlose Telephonie, Bildtelegraphie, Fernseher, 1 *g*; Experimentelle Untersuchungen für Fortgeschrittene (Praktikum), tägl. — **Malsch:** Optische Meßmethoden und Meßinstrumente, mit Übungen, 2. — **Weyer:**

Einführung in die Physik der Metalle und ihrer Legierungen, 2. —

Universität Königsberg. **Kaufmann:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 2; Physikalisches Praktikum (mit Gans), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Gans), 14tägig, 2 g; Physikalisches Proseminar (mit Gans, Hoffmann und Kretschmann), 14tägig, 2 g. — **Gans:** Mechanik, 4; Übungen zur theoretischen Physik, 1 g; Selbständige Arbeiten in experimenteller und theoretischer Physik für Fortgeschrittene, ganztägig. — **Hoffmann:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 2, III: Optik, 3; Physikalische Übungen, 1. — **Kretschmann:** Quantentheorie der Serienspektra, 4. —

Universität Leipzig. **Debye:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Höhere Physik, experimentelle und mathematische Ergänzungen zur allgemeinen Experimentalphysik, 1; Physikalisches Praktikum (mit Möbius und Kämpf), 3 halbe Tage, für Fortgeschrittene (mit Marx, Schiller, Karolus, Möbius und Kämpf), 3 halbe Tage, für Mediziner, Veterinärmediziner, Zahnärzte und Pharmazeuten (mit Möbius und Kämpf), 3; Selbständige physikalische Arbeiten (mit Marx, Schiller, Karolus, Möbius und Kämpf), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Heisenberg), 1½ g; — **Heisenberg:** Mechanik, 3, Übungen, 1 g; Moderne Probleme der Atomphysik, 1; Selbständige theoretisch-physikalische Arbeiten (mit Wentzel und H. Schmidt), tägl.; Seminar über die Struktur der Materie (mit Wentzel), 2 g. — **Marx:** Neuere Ergebnisse der radioaktiven Forschung, 2; Radiologisches Praktikum, 2. — **Schiller:** Flugtechnik, 2. — **Karolus:** Fernmeldetechnik: Telegraphie und Telephonie, 2, Übungen, 3. — **Wentzel:** Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1 g; Relativitätstheorie, 1. — **Möbius:** Röntgenstrahlen, 1 oder 2. — **Kämpf:** Repetitorium der Physik, 2. — **H. Schmidt:** Analytische Hydrodynamik, 3. — **Weickmann:** Die Erforschung der höheren Luftschichten: Aerologie, 2 g; Theorie der Wellen in elastischen Medien (mit Anwendung auf seismische, hydrographische und meteorologische Fragen), 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, tägl. g; Geophysikalisches Praktikum, 3; Geophysikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 g. —

Universität Marburg. **Grüneisen:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 g; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Tomaschek), 6, für Mediziner, 3, für Fortgeschrittene: Leitung wissenschaftlicher Arbeiten (mit Schulze und Tomaschek), tägl. — **Schulze:** Theorie der Wärme, 5; Einführung in die theoretische Physik: Mechanik starrer, deformierbarer, flüssiger Körper, Wärme, 2; Theoretisch-Physikalisches Seminar, 2 g. — **Berek:** Photographische Optik, 1; Kristalloptik und Polarisationsmikroskopie, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten: Abbildungstheorie und angewandte Optik, nach Verabredung, g. — **Tomaschek:** Atomphysik II: Atombau und Spektraleigenschaften, 2. —

Universität München. **Wien:** Experimentalphysik I: Mechanik, Schall, Wärme, 5; Physikalische Übungen, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Übungen für Fortgeschrittene, ganztägig. — **Sommerfeld:** Optik, 4, Übungen, 2 g; Ausgewählte Fragen der Wellenmechanik, für Vorgeschrittene, 2; Seminar, 2 g. — **Schmauss:** Meteorologie II: Wettervorhersage, 2; Wetter, Klima und Mensch, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 g. — **Graetz:** Einleitung in die theoretische Physik II, 4, Übungen, 1. — **Rüchardt:** Höhere Experimentalphysik: Ausgewählte Kapitel des Atomismus und der Elektronik, mit Experimenten, 3; Seminar über neuere Fragen der Experimentalphysik (mit Kirchner), 1½ g. — **Kirchner:** Lichtquanten und Elektronen, 1. — **Ott:** Zerstreuung von Licht und Röntgenstrahlen, 2. — **N. N.:** Funktionen der mathematischen Physik, 3.

Technische Hochschule München. **Zenneck:** Experimentalphysik II: Elektromagnetisches Feld, elektromagnetische Schwingungen, Ionen und Elektronen, Elektrooptik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8, für Fortgeschrittene (mit Kulenkampff), halbtägig; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, ganztägig. — **K. T. Fischer:** Grundzüge der Physik II: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 3; Schwingungs- und Wellenlehre aus dem Gesamtgebiet der Physik, 3; Feinmessungen und Feinmeßwerkzeuge der Technik, 2; Praktisch-physikalische Übungen, 4; Einführung in die wissenschaftlichen Methoden der Physik: Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 8. — **Emden:** Ausgewählte Kapitel der Optik (theoretisch und experimentell), 2. — **Kulenkampff:** Die magnetischen Eigenschaften der Materie: Dia-, Para- und Ferromagnetismus, 1. — **Kühl:** Die Dioptrik des Auges und die Theorie des Sehens, 2. — **Dieckmann:** Hochfrequenzmeßtechnik, 2, Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der angewandten Physik, halb- oder ganztägig. — **Huber:** Die Erforschung der höheren Luftschichten, 1; Die praktische Bedeutung der Meteorologie, 1. — **Knoblauch:** Technische Meßmethoden, 2, Praktikum, 2; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Physik, halb- oder ganztägig. — **Reiher:** Spezielle thermodynamische Probleme, 2; Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der Schalltechnik, 1. — **Nusselt:** Mechanische Wärmetheorie, 3, Übungen, 2. —

Universität Münster. **Schmidt:** Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Szivessy), 3 und 6, für Mediziner, 3, für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Szivessy), 14tägig, 2 g. — **Kratzer:** Thermodynamik, 3, Übungen, 2 g; Ausgewählte Kapitel der Hydrodynamik, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 g. — **Szivessy:** Röntgenstrahlen, mit Demonstrationen, 1. — **Siemens:** Elektrotechnik, insbesondere elektromagnetische Schwingungen mit Vorführungen und Lichtbildern, 2 g. —

Universität Prag. **Rausch-Traubenberg:** Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum II, 3 bzw. 6 g, für Mediziner, 3 g; Physikalische Übungen, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, ganztägig, g; Physikalisches Kolloquium (mit Frank und Fürth), 2 g. — **Frank:** Thermodynamik, 3; Ausgewählte Kapitel der Quantenmechanik, 2; Seminar für theoretische Physik, 2 g. — **Fürth:** Einführung in die theoretische Physik II: Elektronentheorie, Newtonsche Mechanik, Quantentheorie, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung und statistische Mechanik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, ganztägig, g. —

Universität Rostock. **Füchtbauer:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalisches Seminar: Kol-

loquium (mit Hund), 14tägl., $1^1/_2$ *g*; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Hund:** Mechanik: Allgemeine Mechanik und Mechanik der starren Körper, mit Übungen, 5; Bau der Molekeln und Kristallgitter, 2. — **Falckenberg:** Meteorologisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl., für Anfänger, 4. —

Universität Tübingen. Gerlach: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Magnetismus, 1; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Mediziner, 3; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar für Fortgeschrittene, 1 *g*; Wissenschaftliche physikalische Untersuchungen (mit Back und Schütz), ganztägig; Physikalisches Kolloquium (mit Back und Schütz), 2 *g*. — **Landé:** Theoretische Optik, 4; Quantentheorie, 1. — **Back:** Ausgewählte Fragen der Spektroskopie, 1. — **Schütz:** Das absolute Maßsystem, 1. —

Hochschule f. Landwirtschaft und Brauerei. Weihenstephan. Frank: Experimentalphysik II: Elektrizität II, Optik, 3; Angewandte Physik, mit Übungen, 2; Physikalische Übungen für Landwirte, 2, für Fortgeschrittene, 4; Feldmessen und Nivellieren, mit Übungen, 2. —

Universität Würzburg. Harms: Theoretische Physik: Wärmelehre, 4, Übungen, 1 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Wagner:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum, 6 und 3; Praktikum für Fortgeschrittene, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, ganztägig; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Glaser:** Höhere Experimentalphysik I: Optik, mit Versuchen, 2; Spektroskopie, einschließlich Spektroskopie der Röntgenstrahlen, 1 *g*, Übungen, 3 *g*; Anleitung zur Ausführung selbständiger Arbeiten, ganztägig; Besprechung aus physikalischen Sondergebieten, sowie Exkursionen, *g*. —

Universität Zürich. Meyer: Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 5, Ergänzungen, 1, Seminar (mit Bär), 2 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $3^1/_2$, für Vorgerücktere, halbtägig; Physikalisches Praktikum: Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **N. N.:** Theorie der Elektrizität, 5, Proseminar, 1, Seminar für theoretische Physik, 1—2. — **Ratnowsky:** Molekulartheorie der Materie, 2; Aktuelle Probleme der Physik, 1. — **Bär:** Ionen und Elektronen, 1; Radiologisches Praktikum, 4. —

Technische Hochschule Zürich. Pauli: Elektrodynamik, 3, Übungen, 1; Quantentheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Scherrer und Tank), 2. — **Scherrer:** Physik: Thermodynamik, Optik, 4, Repetitorium, 1; Atombau, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Tank), 4, 6 und 8. — **Tank:** Experimentalphysik II, 3, Repetitorium, 2; Optik, 2; Der elektrische Lichtbogen und seine Anwendungen, 1; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24. — **Weyl:** Funktionentheorie II, 4; Relativitätstheorie, 2; Mathematisches Seminar (mit Plancherel und Polya), 2. — **Dällenbach:** Gleichrichteranlagen, 1 *g*. — **Hückel:** Physik der Kolloide, 2. — **Rüst:** Photographie II, 1; Photographisches Praktikum, 2. — **Wyss:** Die Kraftfelder in festen, elastischen Körpern, 1. —

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität Leipzig Dr. Arnold Weissberger für Chemie, an der Universität Basel der frühere Chefchemiker der Chemischen Fabrik H. Schering Dr. H. Emde für pharmazeutische Chemie.

Ernannt: Der ord. Professor für Experimentalphysik an der Technischen Hochschule Danzig Dr. Carl Ramsauer zum Direktor des Forschungsinstitutes der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) in Berlin, der Konservator am Chemischen Laboratorium des Staates in München und Privatdozent für anorganische und analytische Chemie an der Universität daselbst Dr. Eduard Zintl zum a. o. Professor an der Universität Freiburg i. Br., der a. o. Professor an der Universität Bonn Dr. Walter Dilthey zum ord. Professor der Chemie und Abteilungsvorsteher ebenda.

In den Ruhestand: Der ord. Professor der Mathematik an der Universität Leipzig Geheimrat Hofrat Dr. Otto Hölder, der Direktor der Chemischen Abteilung an der Mc Gill Universität in Montreal Professor R. F. Ruttan.

Gesuche.

TECHNISCHE STAATSLEHRANSTALTEN ZU BREMEN

Zum September dieses Jahres wird für die Schiffsingenieurschule eine

LEHRKRAFT

mit abgeschlossener Hochschulbildung für den Unterricht in den Lehrfächern der

Elektrotechnik

gesucht.

Es kommen nur Herren in Frage, die in der Untersuchung elektrischer Maschinen oder in der Installation Erfahrung haben. Bevorzugt werden Bewerber, die in der Leitung elektrischer Betriebe oder in der Schiffsinstallation tätig gewesen sind. Die Besoldung erfolgt nach der Gehaltsgruppe der bremischen Studienräte. Bei Bewährung wird feste Anstellung in Aussicht genommen.
Bewerber um diese Stelle wollen ihre Gesuche unter Beifügung eines Lebenslaufes und beglaubigter Zeugnisabschriften **bis zum 15. April 1928** an die Unterrichtskanzlei, Bremen (Georgstr. 5), einreichen.

Für die Schriftleitung verantwortlich Prof. Dr. F. Harms in Würzburg. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.